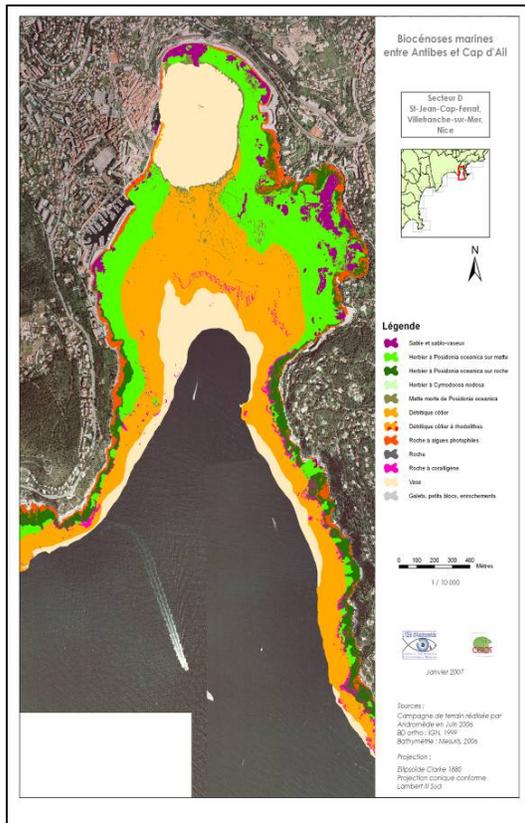


DEVELOPPEMENT ET TESTS IN SITU D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE DE VERITE TERRAIN –LE TRANSECT PLONGEUR AUDIO- POUR LA CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES MARINES



SOMMAIRE

I. NOTE INTRODUCTIVE.....	4
II. ZONES D'ETUDE.....	5
III. IMPORTANCE DE LA PHASE DE VERITE TERRAIN DANS LA CARTOGRAPHIE BIOCENOTIQUE.....	7
IV. MATERIEL ET METHODE	8
IV.1. Moyens informatiques.....	8
IV.2. Positionnement GPS du bateau	8
IV.3. Moyens à la mer	9
IV.4. Sondeur multifaisceaux.....	10
IV.5. Photographies aériennes	13
IV.6. Sonar latéral – Klein 3900.....	14
IV.7. Equipement du plongeur	17
IV.7.1. Système de Communication plongeur/surface.....	17
IV.7.2. Matériel de plongée	18
IV.7.3. Système de tractage du plongeur.....	19
IV.8. Système USBL de Positionnement	20
IV.9. Méthodologie du "Transect plongeur audio".....	23
IV.9.1. Intégration de la position du plongeur dans Arcgis.....	25
IV.9.2. Choix du fond de carte.....	25
IV.9.3. Mode de relevé des observations.....	26
IV.9.4. Données relevées par le plongeur.....	28
V. RESULTATS – EXEMPLES D'APPLICATION	33
V.1. Recherche et localisation d'une population de <i>Pinna nobilis</i> en baie du Lazaret	33
V.1.1. Utilisation de la communication et du positionnement plongeur dans le cadre de cette étude.....	33
V.1.2. Résultats.....	34
V.2. Cartographie des biocénoses de la rade de Toulon et du cap Sicié	35
V.2.1. Utilisation de la vérité terrain dans le cadre de cette étude	35
V.2.2. Résultats.....	36
V.3. Cartographie des biocénoses du site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne ».....	40
V.3.1. Données disponibles pour l'extrapolation	41
V.3.2. Utilisation de la vérité terrain dans le cadre de cette étude	43
V.3.3. Résultats.....	45
VI. CONCLUSION	46

**DEVELOPPEMENT ET TESTS IN SITU D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE
DE VERITE TERRAIN –LE TRANSECT PLONGEUR AUDIO- POUR LA
CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSSES MARINES**

Maître d'œuvre :

L'ŒIL D'ANDROMEDE
163, rue Auguste Broussonnet
34 090 Montpellier, France
Tél. : 04. 67. 66. 32. 48. **Fax.** : 04. 67. 41. 93. 34.
E-mail : contact@andromede-ocean.com

Financement :

Agence de l'Eau RMC et autofinancement

Responsable et coordination Andromède :

DESCAMP Pierre

Participants mission terrain :

BALLESTA Laurent, DESCAMP Pierre, GUILBERT Antonin, HOLON Florian,

Traitement des données et rédaction :

DESCAMP Pierre, HOLON Florian.

SIG :

GUILLOT Marie, HOLON Florian

Crédit photographique :

BALLESTA Laurent, HOLON Florian.

[Ce document doit être cité sous la forme suivante :](#)

DESCAMP Pierre, HOLON Florian, BALLESTA Laurent, 2010 : Développement et Tests in situ d'une nouvelle technique de vérité terrain –*le transect plongeur audio-* pour la cartographie des biocénoses marines. Andromède publ., Montpellier, Fr. : 1-46pp.

I . N O T E I N T R O D U C T I V E

La réalisation d'une carte biocénotique passe schématiquement par l'acquisition de 2 types de données :

- ✚ les données « d'extrapolation » de type sondeur multifaisceaux, monofaisceaux, sonar latéral, sonar interférométrique, images aériennes, etc., qui vont couvrir l'ensemble de la zone d'étude mais qui ne sont pas utilisables directement et vont nécessiter l'utilisation des données terrain pour être converties en données biocénotiques.
- ✚ les données de « vérité terrain » qui sont des observations directes des biocénoses. Seules les données de « vérité terrain » permettent de valider un point biocénotique. Leur multiplication est donc un critère de fiabilité des cartographies.

Selon la technique mise en œuvre, il est bien évident que la qualité de la phase de vérité terrain varie. Ainsi, les observations par camera tractée ou ROV sont-elles parfois incontournables (grandes profondeurs) mais souvent décevantes en terme de qualité (problèmes posés par l'éclairage, la mise au point, l'angle d'observation, l'altération des couleurs, etc.).

Les observations relevées par plongeur quand à elles sont de qualité supérieure mais se pose alors le problème de la ponctualité des observations. En effet le rayon d'action d'un plongeur autonome est limité.

Enfin, pour toutes ces techniques, ce pose de manière cruciale le problème du positionnement des observations. L'utilisation d'un GPS en surface pour localiser un objet à 40m de profondeur est en effet toujours une source d'erreur majeure.

Afin d'améliorer la qualité des cartographies biocénotiques, l'équipe de l'œil d'Andromède a travaillé spécifiquement sur la phase de vérité terrain et a développé une nouvelle technique, le transect plongeur audio. Cette technique est présentée ici, de même que le matériel spécifique utilisé.

Enfin les résultats obtenus dans le cadre de 3 études caractérisées par des problématiques différentes sont présentés :

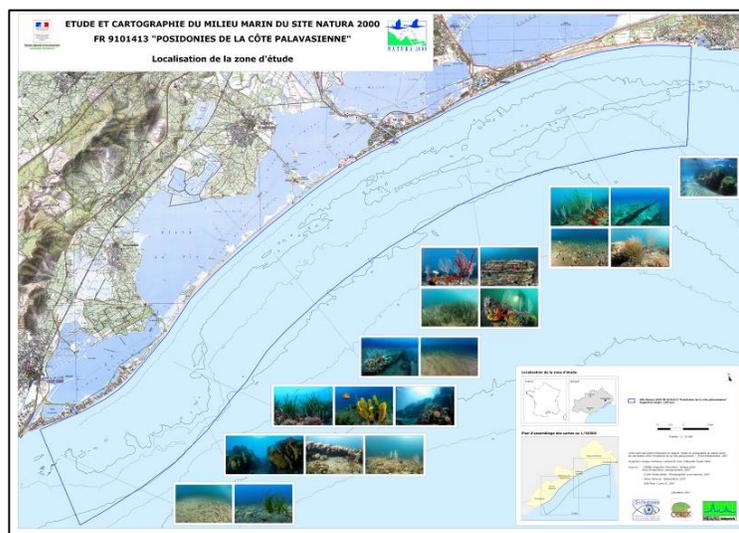
- La localisation et caractérisation d'une population de *Pinna nobilis*
- La cartographie d'un herbier de posidonie de plaine au sud du cap Sicié
- La cartographie d'un herbier de posidonie sur roche dans le golfe d'Aigues-Mortes

Ces 3 applications de la méthode du transect plongeur audio permettent de montrer l'apport concret de cette technique dans 3 cas différents.

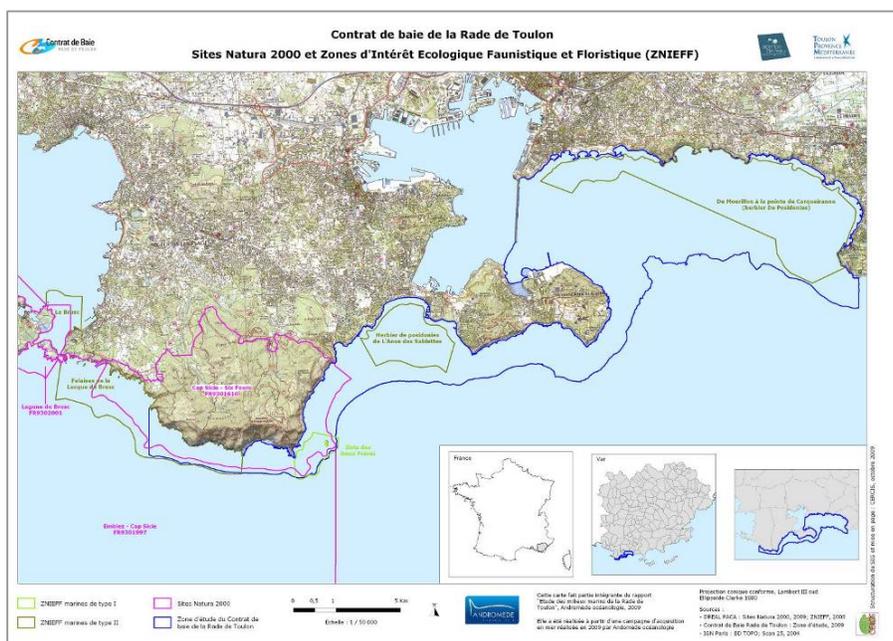
II. ZONES D'ETUDE

Le développement et la validation de la technique et du matériel ont été réalisés sur 3 sites présentant des caractéristiques écologiques différentes. La zone Natura 2000 « posidonies de la côte palavasienne », le site Natura 2000 « cap Sicié » et la baie du Lazaret.

- **Zone Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne ».** Le choix de cette zone d'étude se justifie par son originalité en terme biocénétique. En effet on note sur ce secteur la présence de massifs de posidonies épars, se développant sur un plateau rocheux et de ce fait mal connus car non détectables par les techniques classiques d'acquisition par sonar latéral.



- **Zone Natura 2000 « cap Sicié ».** A l'inverse de la zone précédente, la zone située au large du cap Sicié présente la configuration classique d'un herbier sur matle aisément identifiable au sonar latéral.

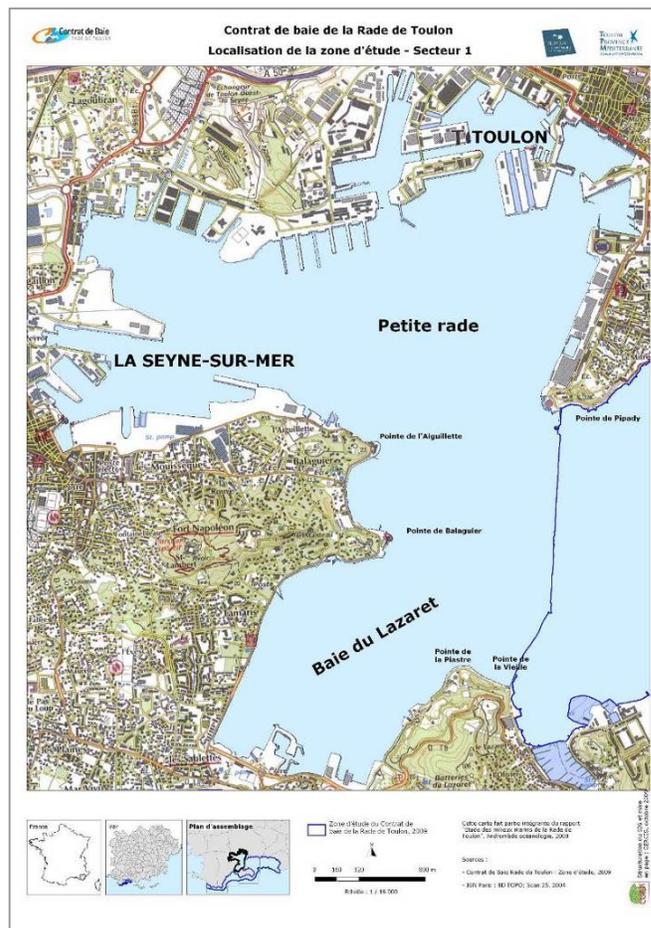


📍 Baie du Lazaret

Cette zone présente une population restreinte de *Pinna nobilis* sur un fond de matre morte. Dans ce cas d'application du matériel de positionnement et de communication, le plongeur n'était pas tracté derrière un bateau mais se déplaçait de manière autonome avec un scooter sous-marin.



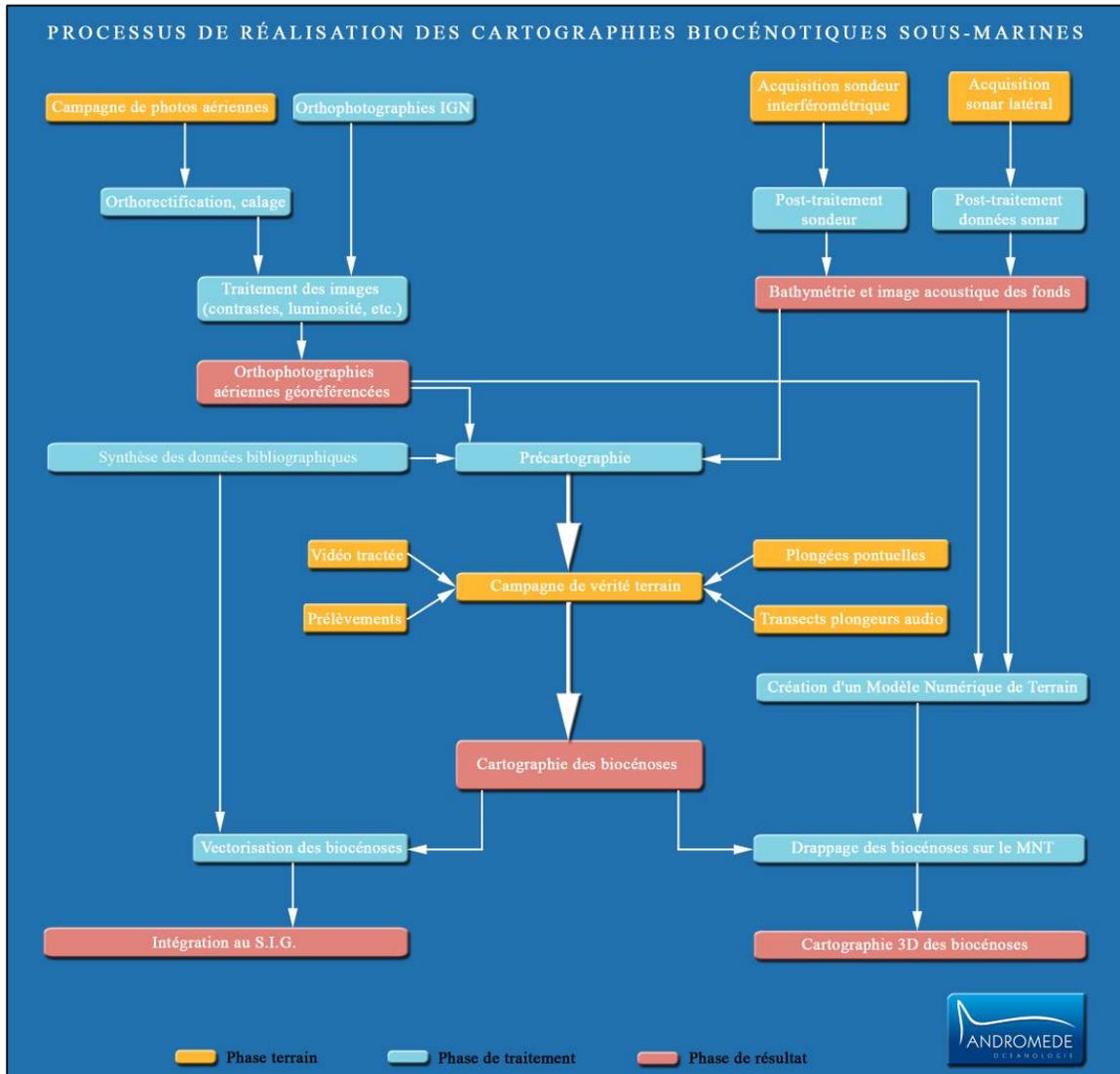
La baie du Lazaret est fortement artificialisée et impactée par les activités humaines mais abrite néanmoins une petite population de *Pinna nobilis* qui a été protégée des mouillages par la présence de pieux abandonnés et dangereux, initialement utilisés par une ferme aquacole.



III. IMPORTANCE DE LA PHASE DE VÉRITÉ TERRAIN DANS LA CARTOGRAPHIE BIOCÉNOTIQUE

La phase de vérité terrain est une étape cruciale dans le processus de réalisation d'une cartographie biocénotique :

- Seules les données de « vérité terrain » permettent de valider un point biocénotique. Leur multiplication est, selon notre expérience, un critère de fiabilité des cartographies ;
- Une observation réalisée par caméra tractée ou ROV est beaucoup moins fiable que celle réalisée *in situ* par un plongeur biologiste (problèmes posés par l'éclairage, la mise au point, l'angle d'observation, des couleurs vraies, etc.) ;
- La technique du *transect plongeur audio*, permet aux plongeurs/biologistes d'acquérir une « culture » des écosystèmes marins importante du fait du temps passé en observation sur des surfaces importantes. Ceci est particulièrement important du fait des sollicitations nombreuses des « dire d'experts ».



IV. MATERIEL ET METHODE

IV.1. MOYENS INFORMATIQUES

La technique du transect plongeur audio positionné étant une méthode de vérité terrain, le matériel utilisé est soumis aux intempéries et à un contexte marin hostile. L'utilisation d'un ordinateur de terrain robuste, susceptible de résister aux embruns voir étanche s'impose donc.

Le Toughbook CF19 Panasonic répond à ces exigences :

Le Toughbook CF-19 est un PC Convertible "Full Ruggedized. Il peut être utilisé à tout moment sous des conditions extrêmes d'humidité, de poussière, de chaleur ou de froid. L'écran anti-reflet est adapté au travail en extérieur et la batterie lithium-ion permet d'avoir une autonomie allant jusqu'à 8 heures même si dans les faits, l'alimentation de l'ordinateur est le plus souvent fournie par le bateau. Enfin Le CF-19 est convertible en tablet PC et dispose d'un écran tactile qui facilite considérablement le positionnement et la saisie des observations.



IV.2. POSITIONNEMENT GPS DU BATEAU

Le Vector Sensor fournit un Cap avec une grande précision et un positionnement DGPS (SBAS et Beacon) de précision submétrique.

- ▶ Sortie de 5 Positions DGPS et 10 corrections du Cap par seconde.
- ▶ Positionnement DGPS sub-métrique (~0.4m).
- ▶ Cap à 0.15° de précision.
- ▶ Gyro et inclinomètre intégrés pour initialisation rapide et entretien de cap en cas de perte GPS.



NAVIRE SUPPORT PLONGEE

Navire semi-rigide 6m de marque *Bombard* équipé d'un moteur 115 chevaux, d'un sondeur graphique et de l'ensemble du matériel de sécurité requis par la réglementation de la plongée professionnelle y compris oxygénothérapie.



Navire support Bathymétrie / Sonar

Notre stratégie concernant le choix du navire pour bathymétrie/Sonar nous amène à sélectionner un navire présentant les caractéristiques suivantes :

1. Stabilité
2. Tirant d'eau < 70 cm
3. Habitabilité

L'habitabilité est un critère indispensable qui permet d'être en acquisition 24/24H (ou presque), en rotation d'équipe, et de procéder en parallèle au post-traitement à bord. De plus cela permet d'exploiter pleinement un créneau météo favorable.

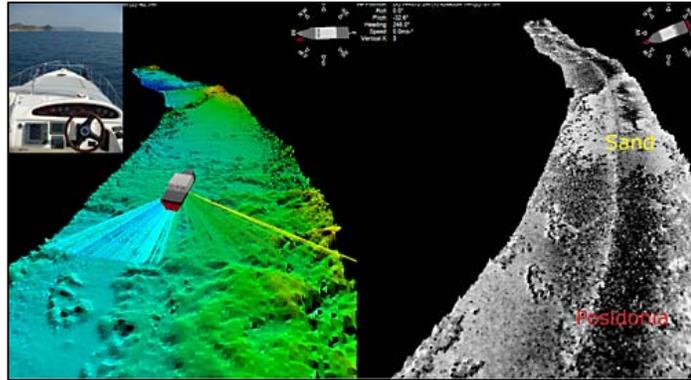


IV.4. SONDEUR MULTIFAISCEAUX

Avant la phase de vérité terrain, on procède à des acquisitions de données d'extrapolation. Parmi celles-ci, les données sondeur multifaisceaux ont jusqu'ici été largement sous-utilisées.

Pour réaliser les levés bathymétriques il a été utilisé le sondeur GeoSwath.

Geoswath existe depuis 1999, c'est un sondeur multifaisceaux plus acquisition sonar pour les petits fonds <15m, avec une fauchée large, commandé par un PC. La dernière version de geoSwath datant de 2008 a été utilisée pour la mission.



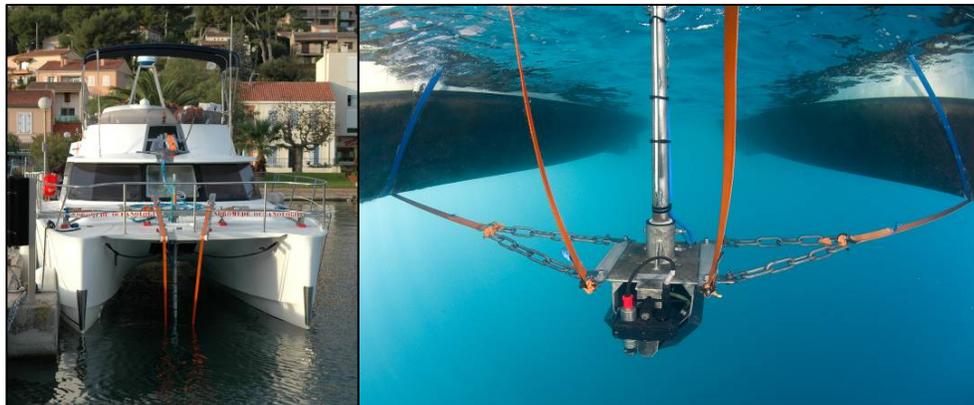
Ce matériel se compose :

- D'un micro ordinateur embarqué – 2 écrans

Les matériels de mesure (DGPS, Sondeur, ...) sont interfacés sur l'ordinateur de bord pour réaliser l'acquisition et la liaison des mesures en temps réel.

L'acquisition permet de capturer environ 10 points en X, Y et Z par seconde.

- Du logiciel GeoSwath+, qui permet d'acquérir et de traiter les données
- D'une centrale d'altitude TSS 205, permettant de corriger le roulis du bateau. précision 0.01° roulis et tangage, 0.01° cap, 5% ou 5cm en pilonnement. Continuité de position et cap pendant les masquages GPS, option RTK intégrée.
- D'un DGPS – compas de CSI Vector Sensor Pro, le Compas GPS fournit à la fois un cap précis et la position au radar, au sonar, aux traceurs de routes et autres systèmes embarqués. Précision 0,4m en sortie centrale inertielle.
- D'une sonde de célérité SVS de Valeport, qui assure la mesure de célérité à 1.5 m/sec près sur toute la colonne d'eau jusqu'à 100m
- Du sondeur multifaisceaux GeoSwath, 2 transducteurs 250 kHz (portée 100m) Planimétrie : <0.4m (0,1m avec GPS RTK). Altimétrie: centimétrique y compris sur plan d'eau agité et lors des masquages GPS. Résolution : jusqu'à plusieurs centaines de sondes par m² en petit fonds.



Système de fixation démontable du GEOSWATH sur le catamaran Highland 35

Acquisition et traitement des données sondeur multifaisceaux

Le sondeur Geoswath est fixé entre les 2 coques du catamaran, permettant ainsi de sonder jusque dans les très petits fonds (<1m).

Le sondeur acquiert jusqu'à plusieurs centaines de sondes par m² sur une bande dont la largeur est environ 4 fois la hauteur d'eau sous le bateau.

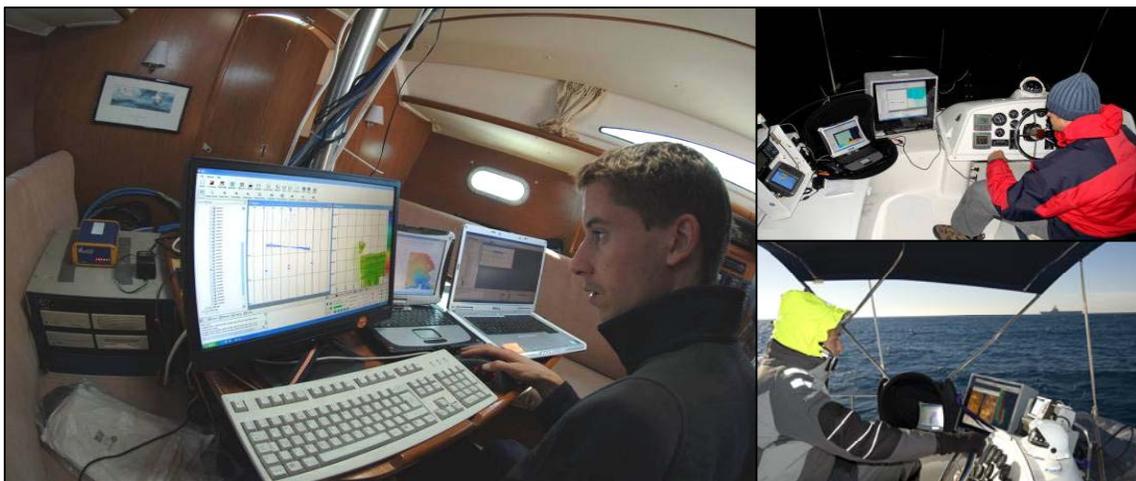
Le couple Sondeur/D-GPS fournit 10 mesures de position et de profondeur par seconde. Les données sont récupérées sur une unité centrale interfacée avec tous les instruments de mesure. Une sonde de célérité est utilisée pour garantir la même précision sur les faisceaux obliques et les faisceaux verticaux.

Le logiciel d'acquisition est interfacé avec les fonds cartographiques déjà acquis précédemment. Ceci permet de compléter précisément la zone à couvrir.

L'habitabilité du navire permet de travailler en rotation d'équipes 24h/24h et d'exploiter pleinement les créneaux météorologiques favorables.

Le post traitement consiste en la suppression des artefacts, ainsi qu'en la constitution des isobathes et d'un Modèle Numérique de Terrain ombré.

Le logiciel de post traitement utilisé par Andromède est Geoswath+ pour l'épuration des données qui sont ensuite exploitées sous Arcgis.



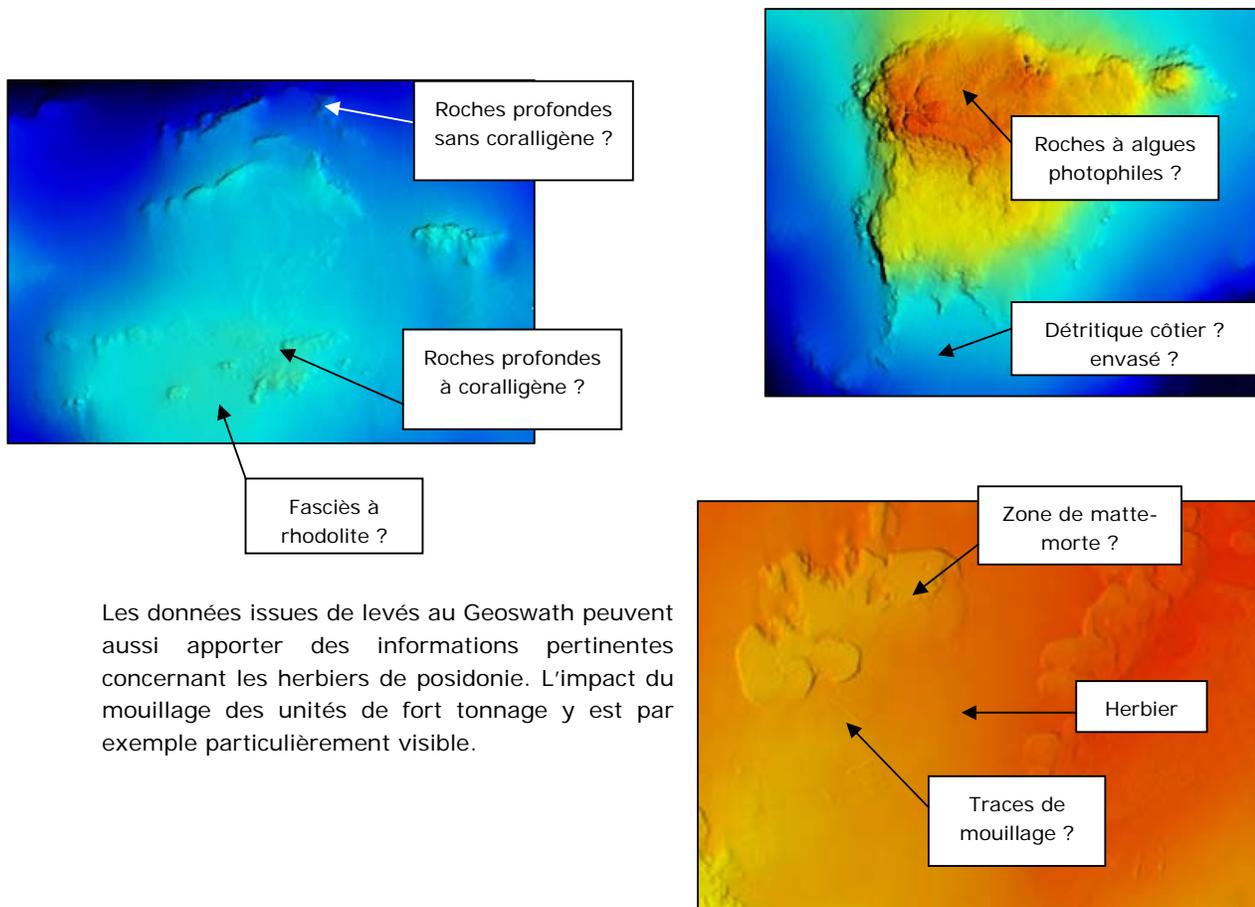
Acquisition et contrôle simultané des données

Exploitation des données du GEOSWATH

Un traitement sous Arcgis à partir des fichiers bathymétriques a permis d'obtenir un modèle numérique de terrain (MNT) en gradient de couleur, laissant apparaître les reliefs sous-marins (De la bathymétrie surface en rouge à la bathymétrie fond en bleu).

L'exploitation des modèles numériques de terrain pour la cartographie des biocénoses est à privilégier sur les zones de relief où les sonogrammes issus des levés sonar latéral sont de lecture complexe et peuvent présenter des zones de masquage.

La figure ci-dessous présente quelques exemples d'interprétation de MNT.



Les données issues de levés au Geoswath peuvent aussi apporter des informations pertinentes concernant les herbiers de posidonie. L'impact du mouillage des unités de fort tonnage y est par exemple particulièrement visible.

IV.5. PHOTOGRAPHIES AERIENNES

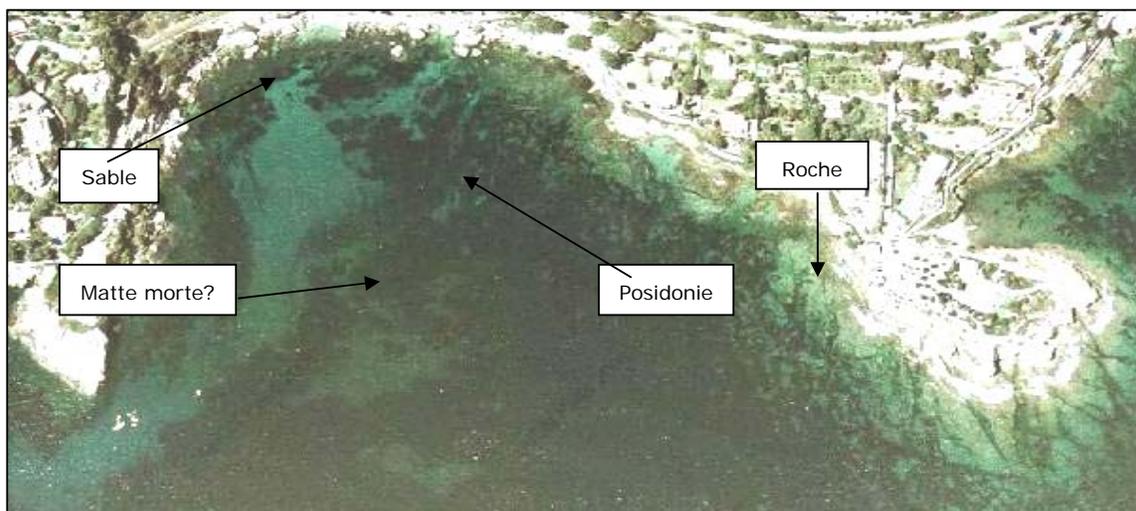
L'interprétation des orthophotographies aériennes permet de localiser les limites des principales biocénoses marines littorales à faible profondeur (de 0 à 10m au maximum à partir des données issues de l'IGN).

Interprétation des photographies aériennes

La procédure de traitement appliquée aux clichés permet de les transformer en information géographique thématique.

Les limites des peuplements correspondent aux changements brusques de teinte ou de densité lumineuse, de part et d'autre d'un contour plus ou moins régulier. Les zones de contact entre les différentes biocénoses apparaissent toutefois de façon variable. En effet, si une zone claire et blanche correspond généralement à une étendue de sable, une zone foncée peut traduire différents types de fonds, confondus entre eux sur la photographie : herbier de posidonie, matte morte, peuplements d'algues sur roche ou tout simplement accumulation de feuilles mortes de posidonies (litière). La carte des contours correspond donc à la position supposée des différents peuplements et types de fonds. Il est alors indispensable de compléter et de valider les informations thématiques obtenues par photo-interprétation, au moyen de vérités terrain.

L'interprétation permet d'aboutir à une maquette de carte des biocénoses à faible profondeur, directement intégrable au SIG.



Exemple d'interprétation d'une photographie aérienne pour la réalisation d'une précartographie

I V . 6 . S O N A R L A T E R A L – K L E I N 3 9 0 0

Le système Klein 3900 est un sonar latéral bi-fréquence pour la recherche et la détection très fine de petites entités. Ce modèle possède deux fréquences d'utilisation: 445 kHz pour une longue portée et une bonne résolution, 900 kHz pour une très haute résolution et l'identification de petites cibles.

Fréquences	445 kHz / 900 kHz	
Faisceau	Horizontal: 0.21° à 900 kHz, 0.21° à 445 kHz; Vertical : 40°	
Inclinaison du faisceau	5, 10,15, 20, 25° vers le bas, ajustable	
Profondeur maximale	200m	
Largeur de fauchée	150 mètres à 445 kHz; 50 mètres à 900 kHz	
Longueur	122 cm de long, 8,9cm de large	
Poids	29 kg	
Système d'exploitation	VxWorks®	
Sorties	00 Base-Tx, Ethernet LAN, w/ LAN	
Alimentation	NMEA 0183	
Puissance	120 watts à 120/240 VAC, 50/60 Hz	

Le Klein 3900 se compose :

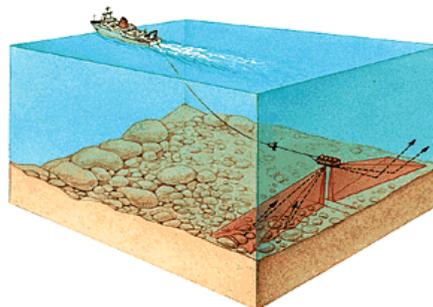
- **D'un « poisson ».** La spécificité de ce sonar est d'être numérique avec digitalisation dans le poisson pour une meilleure qualité de données.
- **D'un câble électroporteur.** Il assure la transmission des données vers la centrale d'acquisition, et la traction du poisson.
- **D'enregistreurs numériques.** L'enregistreur traite les échos acoustiques de retour, les corrige, calcule la position de chaque signal pour la restitution finale (pixel par pixel). L'enregistreur effectue la correction de la distance oblique entre le poisson et les objets latéraux, les corrections d'amplitude, l'atténuation latérale du signal qui est compensée par un gain variable en fonction du temps et de la distance.
- **D'un système de positionnement par satellite (GPS différentiel).** GPS différentiel / Compas de CSI Vector Sensor Pro : l'utilisateur reçoit des compléments de corrections fournies par des stations terrestres de référence. Le Compas GPS fournit à la fois le cap et la position au radar, au sonar, aux traceurs de routes et autres systèmes embarqués.
- **D'un micro ordinateur embarqué – 2 écrans.** Les matériels de mesure (DGPS, Sonar, ...) sont interfacés sur l'ordinateur de bord pour réaliser l'acquisition et la liaison des mesures en temps réel.
- **Du logiciel SonarPro.** Il permet l'acquisition et la sauvegarde des données. Les données peuvent être enregistrées au format SDF et/ou XTF.

Acquisition et traitement des données sonar latéral

Le sonar est remorqué à une vitesse d'environ 5 nœuds et à une hauteur par rapport au fond comprise entre 3 et 10m selon fréquence (et donc la portée efficace maximale) choisie.

Le levé s'effectue en bande parallèles et dans l'axe des courbes bathymétriques de manière à travailler à profondeur constante.

Un recouvrement total des profils permet de réaliser une cartographie complète d'une zone.

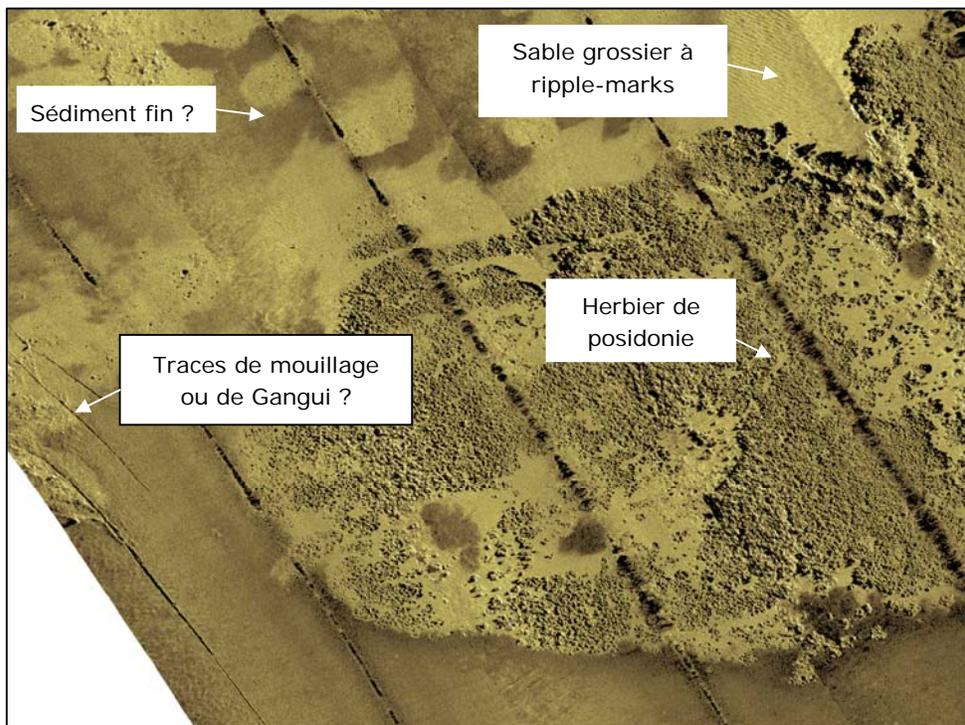


L'acquisition sonar latéral est particulièrement adaptée à la cartographie des zones de plaine, et en particulier des herbiers de posidonie sur matre. Pour les zones accidentées, la lecture des sonogrammes devient beaucoup plus délicate.



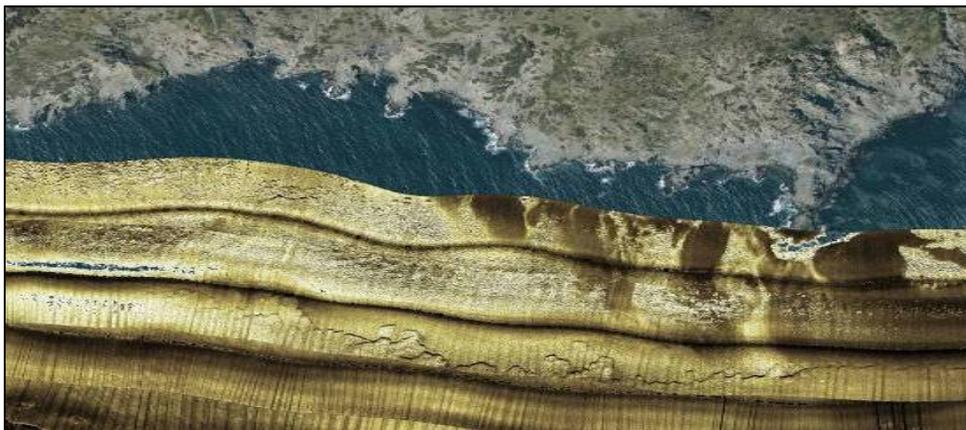
Levé sonar latéral Klein 3900 (1 : DGPS, micro-ordinateur avec logiciel SonarPro et enregistreur numérique ; 2 : retour contrôle pour pilote ; 3 poisson relié au bateau par le câble électroporteur

Le logiciel spécialisé (CodaMosaic) permet d'obtenir une mosaïque géoréférencée des bandes sonar. Cette mosaïque apparaît sous la forme d'une image en gradient de jaune, laissant apparaître les différents types de substrat (depuis les substrats denses, comme la roche, qui apparaissent en blanc aux substrats meubles, comme la vase, qui apparaissent en noir).



Lever sonar en limite inférieure d'herbier

L'interprétation des données sonar pour la précartographie apporte de nombreuses informations mais soulève aussi de nombreuses incertitudes. C'est pourquoi elle doit être suivie d'une importante campagne de vérité terrain.



Couverture sonar latéral au sud de Notre Dame de la Garde

IV.7. EQUIPEMENT DU PLONGEUR

IV.7.1. SYSTEME DE COMMUNICATION PLONGEUR/SURFACE

Système de communication AQUACOM de RCH Système. Un matériel militaire qui permet à 1 ou plusieurs plongeurs de communiquer entre eux et avec la surface.

Cet équipement est composé d'une station surface + hydrophone, d'un boîtier portable pour le plongeur et d'un masque facial équipé d'écouteurs et de micros.



1 station surface munie d'un hydrophone



1 émetteur-récepteur à la ceinture du plongeur

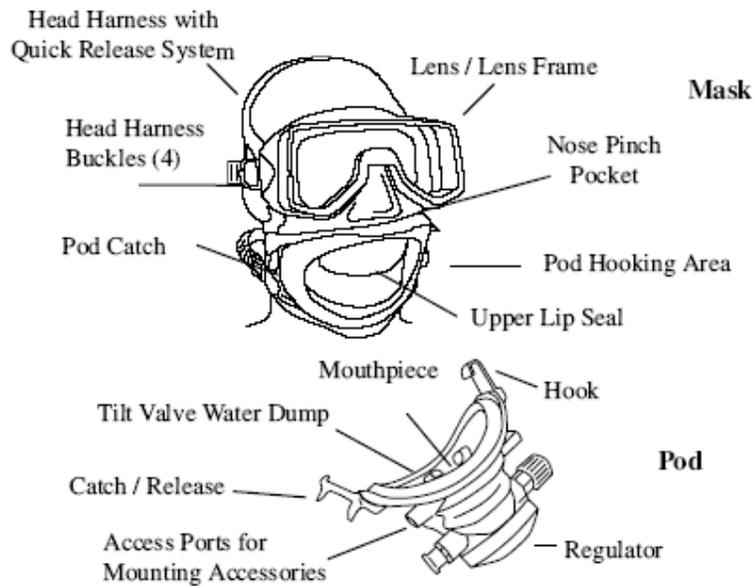


1 masque facial équipé d'écouteurs et d'un micro



IV.7.2. MATERIEL DE PLONGEE

Le plongeur est équipé d'un matériel de plongée classique hormis le masque facial permettant l'utilisation du système de communication.



Système de communication

Système de positionnement



Masque facial Kirby Morgan supermask 48 : le micro se trouve placé dans un pod (groin) amovible

IV.7.3. SYSTEME DE TRACTAGE DU PLONGEUR

En surface, un câble de tractage est relié au bateau par un mousqueton à largage rapide. Un flotteur fixé sur le câble juste avant l'accroche, permet de larguer le plongeur tout en permettant au pilote de garder un contact visuel avec le câble de tractage.



Côté plongeur, le système de tractage est constitué d'un lest d'une dizaine de kilos et de la planche de tractage. Plusieurs versions de la planche ont été réalisées avant d'aboutir à un résultat satisfaisant. La dernière version comprend une planche stratifiée munie d'un cadre permettant le positionnement des mains et qui est pivotante sur un axe latéral.



L'arrière en queue de pie abrite un anneau permettant l'accrochage du plongeur via un harnais intégral et un mousqueton à largage rapide. La présence du harnais diminue considérablement les efforts du plongeur et lui permet de se consacrer pleinement à l'observation et à la gestion de son matériel de plongée.

Remarque : d'après la réglementation de la plongée professionnelle, le plongeur tracté étant matériellement relié à la surface, une équipe de 3 personnes est suffisante (1 plongeur, 1 plongeur surface, 1 pilote).



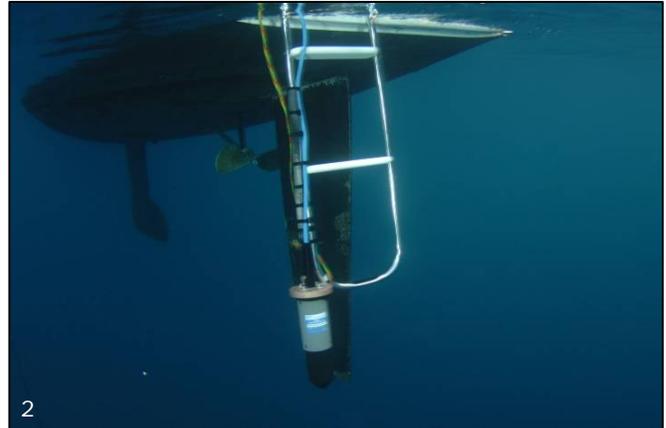
IV.8. SYSTEME USBL DE POSITIONNEMENT

Les données transmises par le plongeur sont positionnées avec une précision métrique grâce à l'utilisation d'un module USBL, le Micronav de Trittech.

Le MicronNav est un système de positionnement acoustique innovant initialement conçu pour les petits véhicules sous-marins. Il utilise la technique de la comparaison des phases des signaux sur les éléments individuels d'un seul transducteur de réception qui est appelée USBL. (Ultra-Short Base Line.) Il peut être intégré avec d'autres systèmes ou il peut fonctionner également en mode autonome.

Le système complet consiste en une unité sous-marine (balise répondeuse) MicroNav, un transducteur USBL à la surface avec compas magnétique et capteur d'attitude (roulis/tangage) intégrés, une unité de surface le MicronNav 100 Interface et le software implanté sur le PC hôte.

Les systèmes USBL calculent la position du plongeur ou d'un quelconque poisson remorqué en combinant la distance acoustique et les données de gisement à partir de l'émetteur-récepteur du bateau avec le cap, la verticale et l'information du capteur GPS. L'avantage principal de cette technique est qu'elle ne nécessite pas le déploiement de transpondeurs sur le fond marin avant le commencement du positionnement. Seul l'objet à suivre doit être équipé d'un transpondeur tandis que le bateau est équipé d'un transducteur.



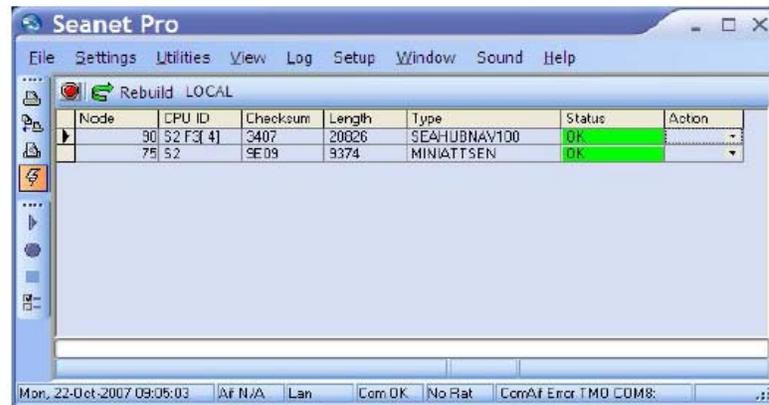
Le système de GPS sous-marin Trittech est composé d'un transpondeur emporté par le plongeur (1), d'un transducteur fixé sous le bateau (2) et d'un module de calcul (3).



La mise en oeuvre est la suivante :

- 1) Le logiciel SeaNet, avec l'application de MicronNav qui tourne sur le PC (standard ou portable) de l'utilisateur, envoie la commande de déclenchement à la balise sous-marine (via l'interface MicronNav 100 et l'ombilical) qui ensuite envoie sa transmission.

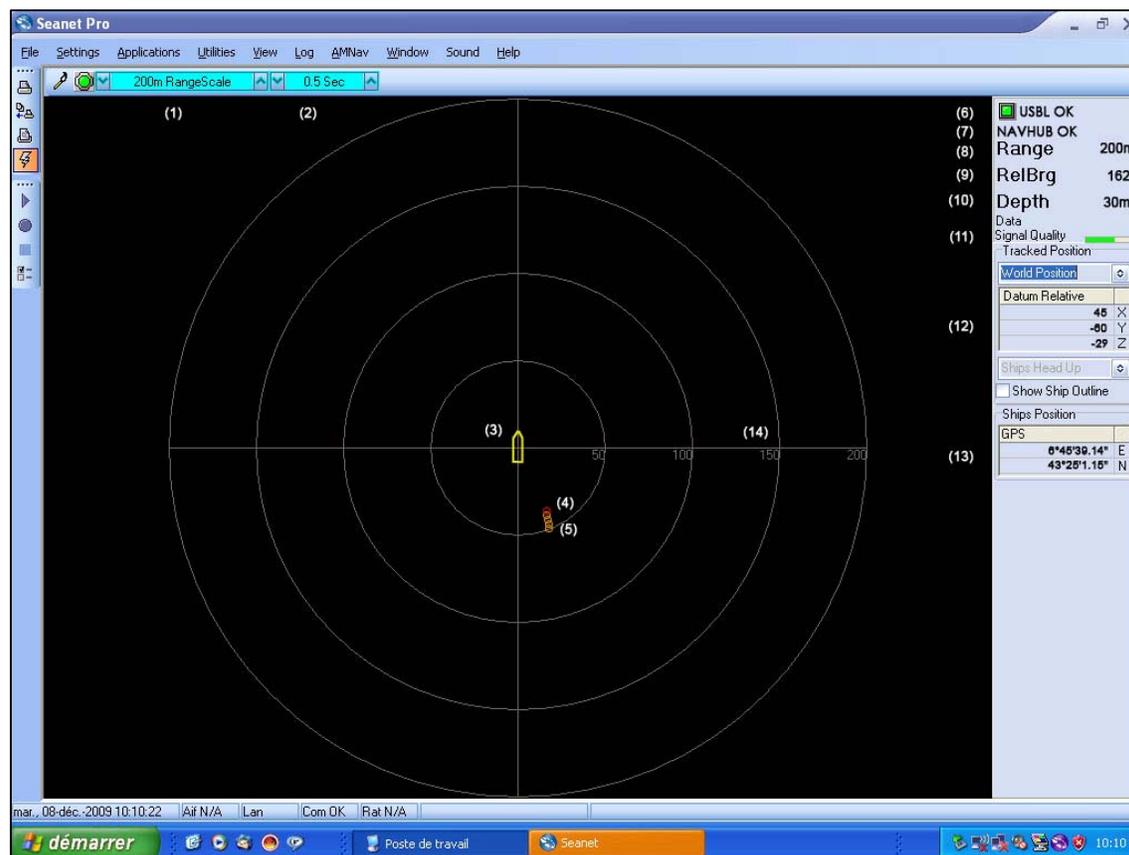
L'interface SEAnet Setup permet de vérifier la bonne communication entre les deux modules



- 2) La transmission de la balise est reçue par le transducteur USBL et le module MicronNav 100, qui renvoie les données avec l'information sur ce signal au PC hôte. Le PC peut ensuite calculer la distance et le cap du véhicule. Les données de cap, roulis et tangage depuis le capteur intégré dans le transducteur USBL sont également envoyées au PC, ce qui permet à SeaNet de calculer la position du véhicule par rapport aux axes de la terre.
- 3) La distance et le cap sont synchronisés avec les données du GPS et l'affichage et mis à jour avec la position du bateau et la position du plongeur. Ces positions sont ensuite superposées sur le fond de carte fourni par le SIG (ArcGis).
- 4) Ce cycle de positionnement est répété selon le taux de mise à jour qui est sélectionné. (0,5 à 10 secondes.)

Le boîtier du système USBL reçoit les données GPS et les données du transducteur. Il calcule à partir de ces données la position GPS du plongeur qu'il transmet au logiciel de cartographie

Le logiciel du Micronav (Seanet Pro) permet de connaître et visualiser à tout moment la position du plongeur par rapport au bateau y compris sa profondeur. Ceci constitue accessoirement un apport en terme de sécurité.

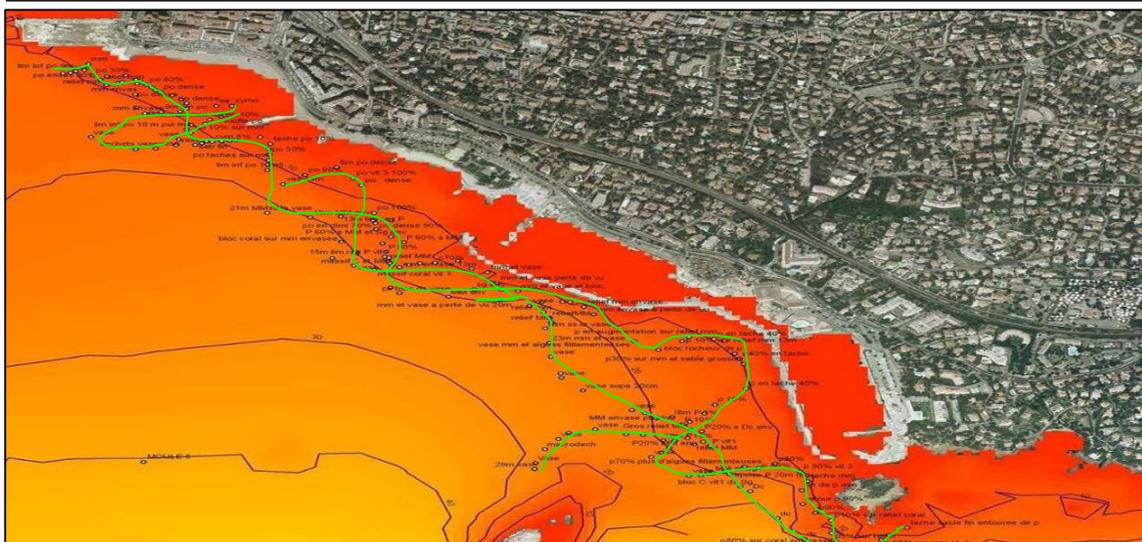
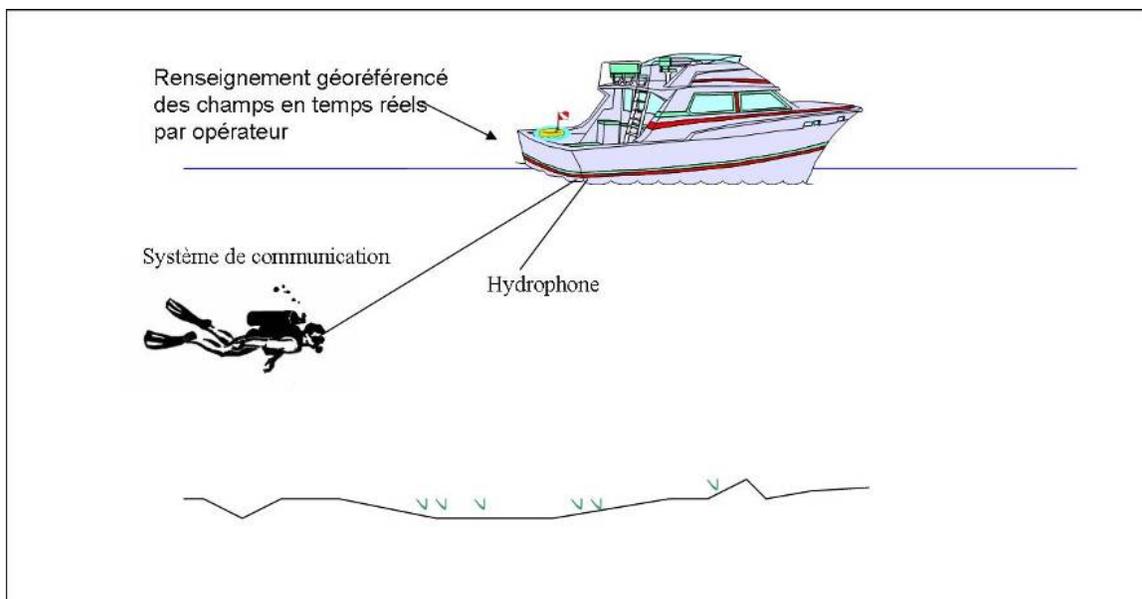


- (1) : échelle d'affichage des données
- (2) : vitesse de mise à jour des données
- (3) : bateau
- (4) : dernière position du pinger (en rouge)
- (5) : historique des positions récentes reçues (en orange)
- (6) : contrôle de la communication entre pinger et transponder
- (7) : contrôle état de marche système
- (8) : échelle d'affichage
- (9) : angle cap bateau/pinger
- (10) : profondeur du pinger
- (11) : qualité du signal émis par le pinger
- (12) : position relative du pinger / receiver
- (13) : position GPS du navire
- (14) : affichage de l'échelle (en m)

IV.9. METHODOLOGIE DU "TRANSECT PLONGEUR AUDIO"

La méthodologie *transect plongeur audio* permet à un plongeur localisé et communiquant de transmettre ses observations à un opérateur chargé d'incrémenter en continu un système d'information géographique. Cette méthode permet donc la validation terrain de plusieurs milliers de points par un plongeur/biologiste le long de transects pouvant atteindre une dizaine de kilomètre par jour d'acquisition.

Concrètement le plongeur est tracté par le bateau à la bathymétrie voulue en fonction des zones à décrire. Il transmet ses observations en temps réel (présence herbier, indice supposé de vitalité...) à l'opérateur qui peut suivre son parcours sur l'ordinateur relié au dGPS. Il est équipé d'une planche de tractage qui lui permet de faire varier sa profondeur, d'un système de communication et d'un système de positionnement.



Exemples de transects réalisés face à Saint Raphaël

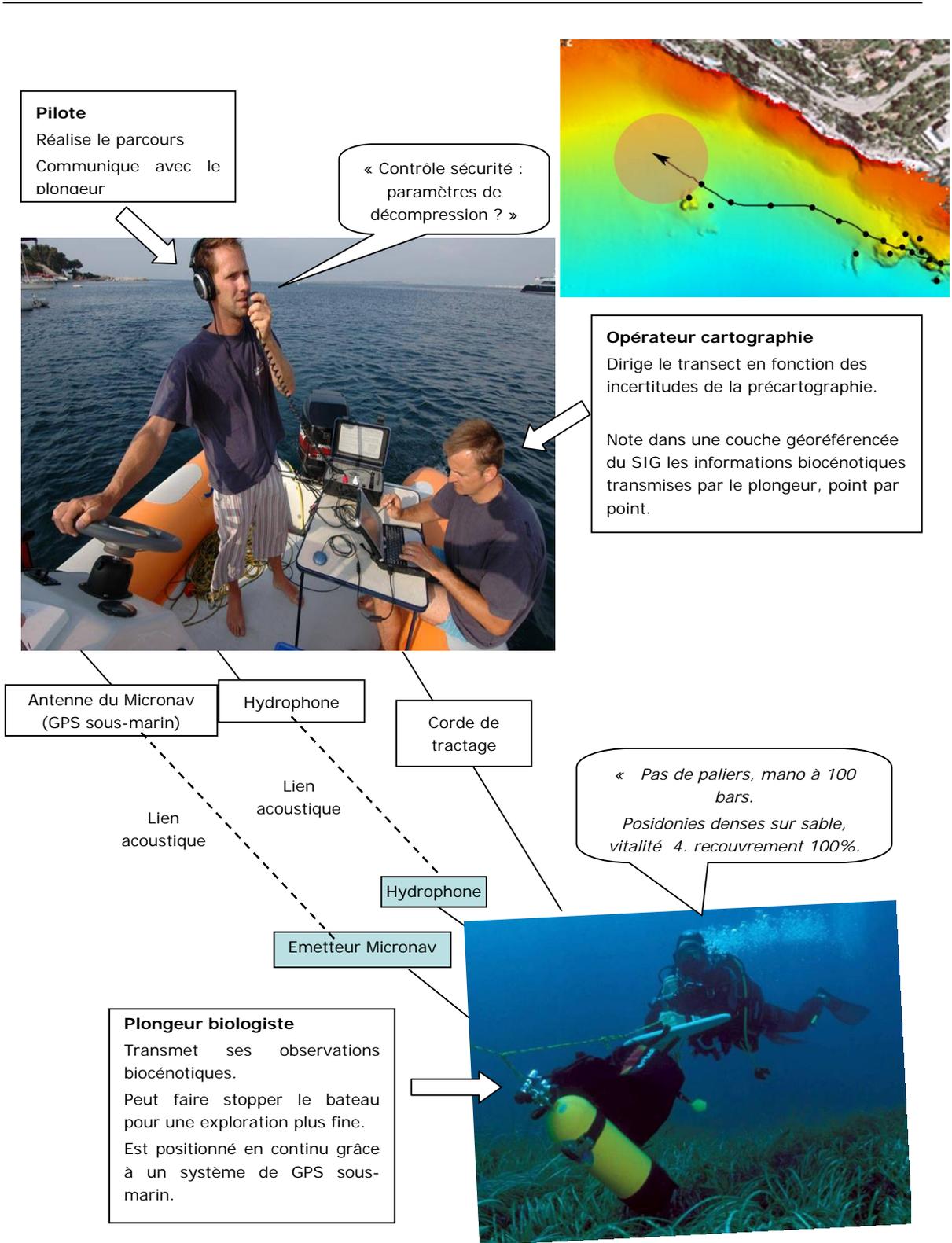
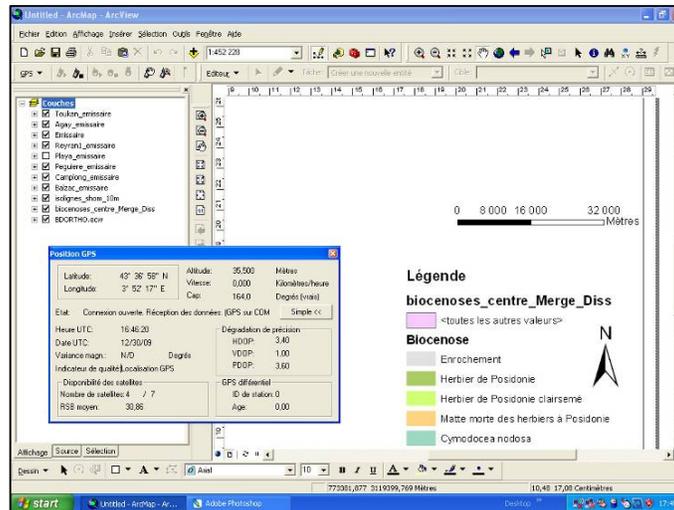


Illustration de la méthodologie du transect plongeur audio

IV.9.1. INTEGRATION DE LA POSITION DU PLONGEUR DANS ARCGIS

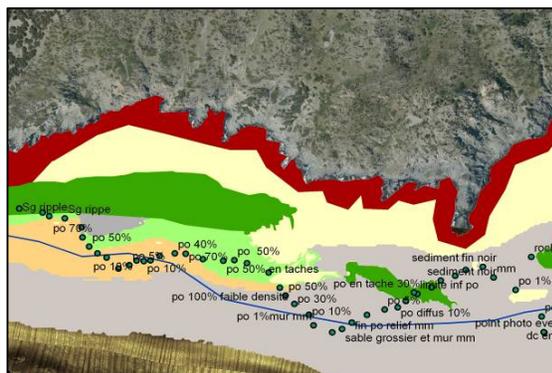
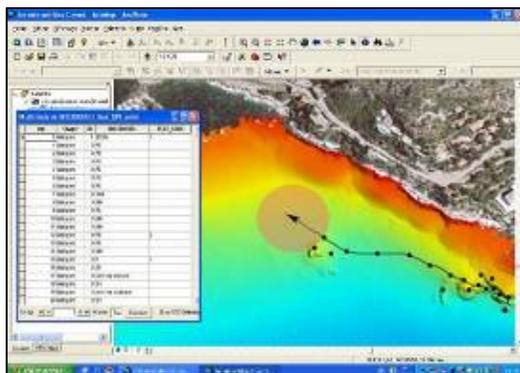
Arcgis comprend une entrée GPS sur laquelle sont envoyées les informations données par le Micronav. Ainsi, on dispose sur un fond de carte géoréférencé, de la position du plongeur et d'une table pouvant être incrémentée en continu, au fil des observations.



Intégration de la position GPS du plongeur dans Arcgis

IV.9.2. CHOIX DU FOND DE CARTE

Le fond de carte utilisé peut être une simple bathymétrie multifaisceaux, une photographie aérienne, une ancienne cartographie ou plus judicieusement une précartographie incluant une liste de points ou zones douteuses à vérifier.



2 options de fonds de cartes : bathymétrie ou ancienne cartographie

IV.9.3. MODE DE RELEVÉ DES OBSERVATIONS

Le plongeur est tracté par le bateau à la bathymétrie voulue en fonction des zones à décrire. Généralement les transects sont réalisés en « zigzags » par rapport à la côte de manière à couvrir un intervalle bathymétrique important et couper les limites entre biocénoses.

Le plongeur transmet ses observations (présence herbier, indication semi quantitative sur la qualité) à l'opérateur qui peut suivre son parcours sur l'ordinateur relié au dGPS grâce au système de communication.

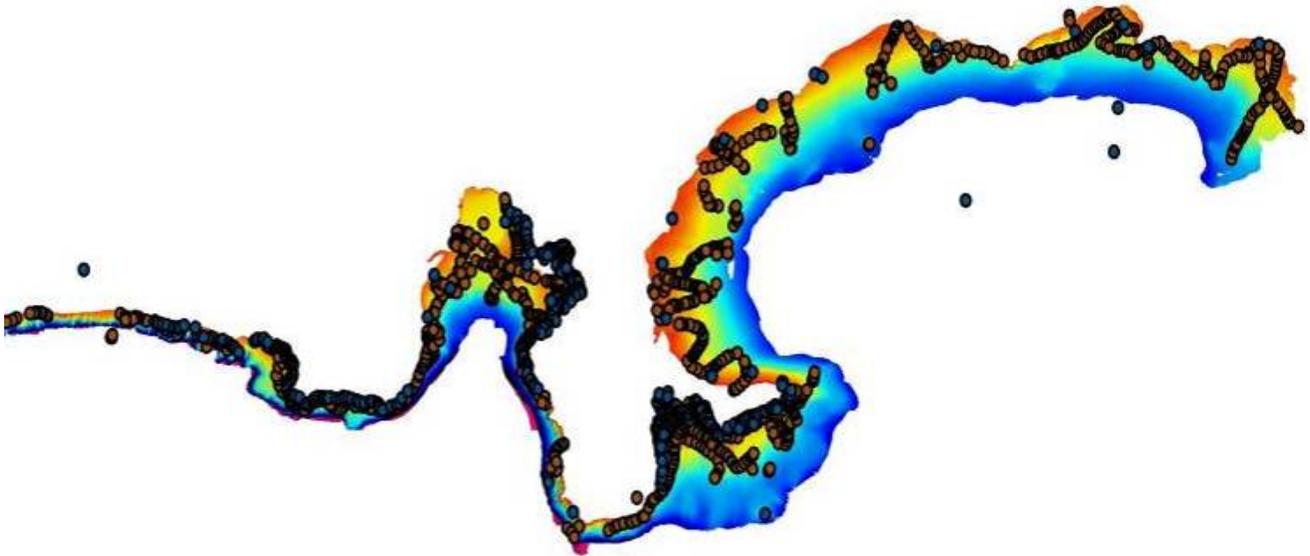
La carte des fonds bathymétriques ou la précartographie permet à l'opérateur de guider le plongeur sur les zones d'incertitudes.

L'opérateur inscrit les informations biocénotiques directement dans le logiciel de cartographie (SIG).

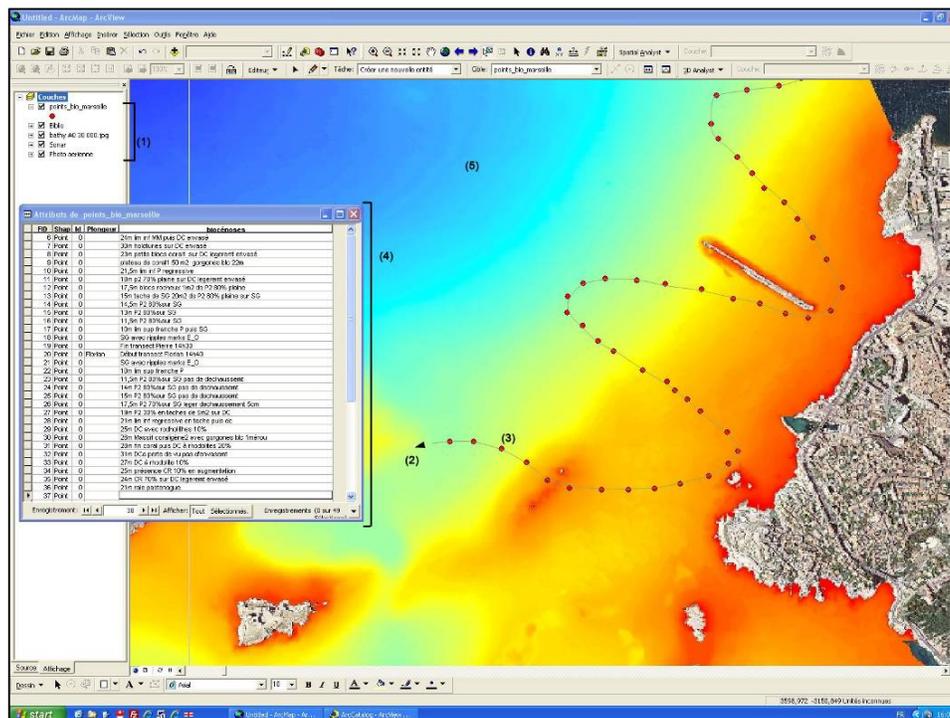
10 km de transect par jour peuvent ainsi être réalisés en fonction de la précision cartographique recherchée.



Système de communication et ordinateur à écran tactile utilisé par l'opérateur cartographe



Exemple de parcours réalisés autour du cap Ferrat et en rade de Marseille. Sous SIG, à chaque point correspond un champ qui renseigne une information biocénotique.



- (1) couches composant le SIG.
- (2) position du plongeur
- (3) informations transmises par le plongeur et enregistrées dans la table attributaire le long du transect
- (4) table attributaire
- (5) fond de carte

IV.9.4. DONNEES RELEVÉES PAR LE PLONGEUR

La qualité des données transmises par le plongeur va influencer considérablement sur la qualité des cartographies produites in fine. Ainsi, il est utile de procéder à une formation préalable du plongeur et de standardiser les informations relevées afin de diminuer l'effet observateur.

Des fiches de synthèses des observations à faire par écosystème ont été réalisées dans ce but. Affichées sur la planche, elles peuvent être consultées en permanence afin de vérifier que toutes les informations possibles sont transmises.

PLAQUETTE TERRAIN – PLONGEUR TRACTE - HERBIERS POSIDONIES

Prof (m)	Biocénose	Code	Substrat	Recouvrement	Densité	Déchaussement	% Faisceaux Plagiotropes	Description Herbier	Limite Inf/Sup	Structure Erosive	Traces d'impacts anthropiques	Faune et flore associées
	<i>Herbier à Posidonia oceanica : herbiers de plaine</i>	P	Matte (MM)	Éparse (<5%)	DA	2cm	<5%	Continue	Progressive	Tombant de MM	Abs	-
	<i>Mosaïque d'Herbier à Posidonia oceanica avec roche infralittorale à algues photophiles</i>	MPR	Roche à algues photophiles	5-15%	DSI	4cm	5-15%	Discontinue	Franche / éparse	Relief de MM	Près	-
	<i>Mosaïque d'Herbier à Posidonia oceanica avec Coralligène</i>	MPC	Coralligène	15-25%	DN	6cm	15-25%	Intermattes	Erosive	Autres	-	-
	<i>Herbier à Posidonia oceanica de type onduoyant</i>	PO	Sables Fins de Haut Niveau (SFHN)	25-35%	DSS	8cm	25-35%	Trace d'érosion	Régressive			-
	<i>Herbier à Posidonia oceanica avec intermattes déferlantes</i>	PID	Sables Fins Bien Calibrés (SFBC)	35-45%		10cm	35-45%	Autres				-
	<i>Herbier à Posidonia oceanica de type récifs barrières</i>	PRB	Sables Grossiers sous influence des Courants de Fond (SGCF)	45-55%		12cm	45-55%	-				-
	<i>Herbier à Posidonia oceanica de type herbiers tigrés</i>	PT	Sables Grossiers et fins graviers Brussés par les Vagues (SGBV)	55-65%		14cm	55-65%	-				-
	<i>Herbier à Posidonia oceanica de type herbiers de colline</i>	PC	Détritique Côtier (DC)	65-75%		16cm	65-75%	-				-
	<i>Herbier à Posidonia oceanica à faible recouvrement</i>	PE		75-85%		18cm	75-85%	-				-
				85-95%		20cm	85-95%	-				-
				>95%		>20cm	>95%	-				-

INFOS TERRAIN – PLONGEUR TRACTE - LE CORALLIGENE

Image	Prof (m)	Biocénose	Code	Types physiologiques	Relief	Faciès à										Richesse de la colonisation par des espèces benthiques	Paysages sous marin remarquable	Traces d'impacts anthropiques	Faune et flore
						<i>Cystoseira zosteroides</i>	<i>Cystoseira usneoides</i>	<i>Cystoseira diabia</i>	<i>Cystoseira usneoides</i>	<i>Sargassum</i> spp.	<i>Enantella cavolinii</i>	<i>Enantella singularis</i>	<i>Enantella clavata</i>	<i>Panamiraceu</i>	<i>Lepidogorgia sarmentosa</i>				
		Coralligène	C	Coralligène de paroi	Faible	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Pauvre	Oui	Abs	-
				Concrétionnement coralligène (massifs biogènes)	Moyen	Près	Près	Près	Près	Près	Près	Près	Près	Près	Moyenne	Non	Près	-	
					Fort										Riche			-	

PLAQUETTE TERRAIN -PLONGEUR TRACTE - LA ROCHE INFRA LITTORALE A ALGUES PHOTOPHILES

Image	Prof Info	Biocénose	Code	Topographie	Grottes semi-obscur	Faciès à					Hydrodynamisme	Traces d'impacts anthropiques	Espèces indicatrices de pollution	Faune et flore associées
						<i>Cystoseira pennata</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	<i>Corallina elongata</i>	Autres	Autres				
		La roche infralittorale à algues photophiles	RIAP	éboulis	Abs	Abs	Abs	Abs	-	Mode battu	Abs	Abs	-	
				tombants	Près	Près	Près	Près	-	Mode calme	Près	Près	-	
				failles									-	
				plateaux									-	
				surplombs									-	
				cuvettes									-	

PLAQUETTE TERRAIN -PLONGEUR TRACTE - DETRITIQUE COTIER

Image	Prof (m)	Biocénose	Code	Faciès sédimentaire	Taux envasement	Présence Débris Végétaux	Faciès à			Milieu riche en méiofaune et en mésopsammon	Zone de transition avec :	Hydrodynamisme	Traces d'impacts anthropiques	Espèces indicatrices de pollution	Faune et flore associées
							rhodolithes	maërl	Grandes bryozoaires						
		Détritique Côtier	DC	sables granuleux	Nul	Abs	Abs	Abs	Abs	Oui	SFBC	Ripple marks	Abs	Abs	Dépositivore
		Détritique Côtier Envasé	DE	sables lessivés	Faible	Près	Près	Près	Près	Non	SGCF	Mode battu	Près	Près	-
				sables envasés	Elevé		% rec	% rec			DE	Mode calme	-	-	Filtreurs
					Fort						DL	Autre	-	-	-
											Herbier de posidonie	-	-	-	-
											Coralligène				-
											Roche infralittorale				-

PLAQUETTE TERRAIN -PLONGEUR TRACTE - LA BIOCÉNOSE DES GROTTES SEMI-OBSCURES

Image	Prof (m)	Biocénose	Code	Topographie	Faciès à			Traces d'impacts anthropiques	Espèces indicatrices de pollution	Faune et flore associées
					<i>Corallium rubrum</i>	<i>Parazoanthus axiniellae</i>	Autres			
		<i>Grotte semi-obscur</i>	GSO	Entrée de grotte	Abs	Abs	-	Abs	Abs	-
				Tombants verticaux ombragés	Près	Près	-	Près	Près	-
				Failles			-	-	-	-
				Cavité			-	-	-	-
				Surplomb			-	-	-	-
				Cuvette			-	-	-	-

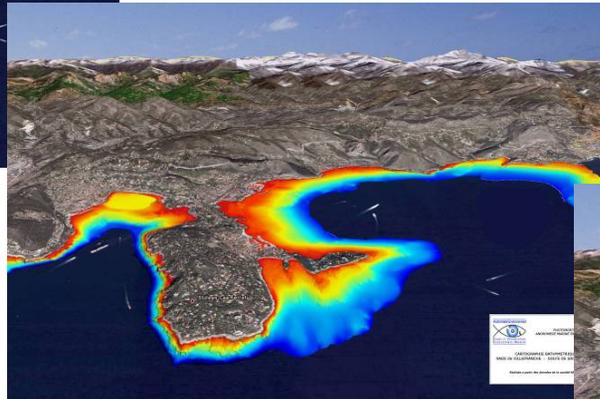
PLAQUETTE TERRAIN -PLONGEUR TRACTE - LES BANCS DE SABLE A FAIBLE COUVERTURE PERMANENTE D'EAU MARINE

Image	Prof (m)	Biocénose	Code	Taux envasement	Présence Débris Végétaux	Faciès à					Milieu riche en méiofaune et en mésosammon	Zone de transition avec :	Hydrodynamisme	Traces d'impacts anthrop	Espèces indic de pollution	Faune et flore associées
						Donax (olive de mer)	Donax fructuosus	Corboulionya mediterranea	Herbes	Cymodoce						
		<i>Sables Fins de Haut Niveau</i>	SFIN	Nul	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Oui	SFIN	Ripple marks	Abs	Abs	-
		<i>Sables Fins Bien Calibrés</i>	SFBC	Faible	Près	Près	Près	Près	Près	Près	Non	SFBC	Mode battu	Près	Près	-
		<i>Sables Grossiers et fins graviers sous influence des Courants de Fonds</i>	SGCF	Elevé				ef plaquett e cymod	% rec	% rec		SGCF	Mode calme	-	-	-
		<i>Sables Grossiers et fins graviers Brassés par les Vagues</i>	SGBV	Fort								SGBV	Autre	-	-	-
		<i>Galets infralittoraux</i>	GI									GI				Gouanie dans GI ?
												DC				
												herbier de posidonie				
												Roche infralit				
												Coralligen				

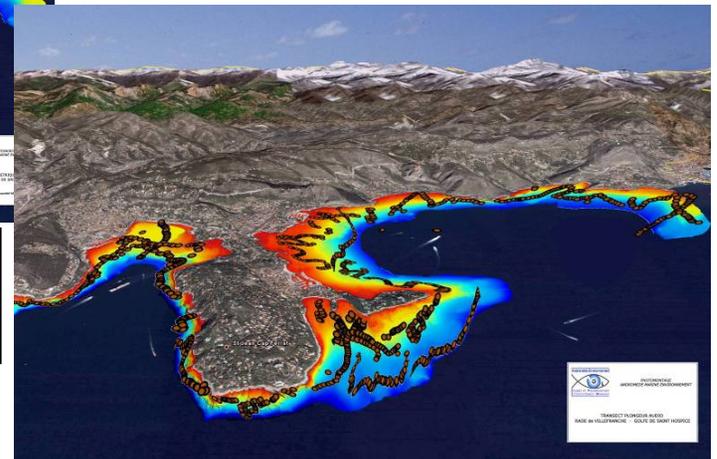
RECAPITULATIF DE LA METHODOLOGIE



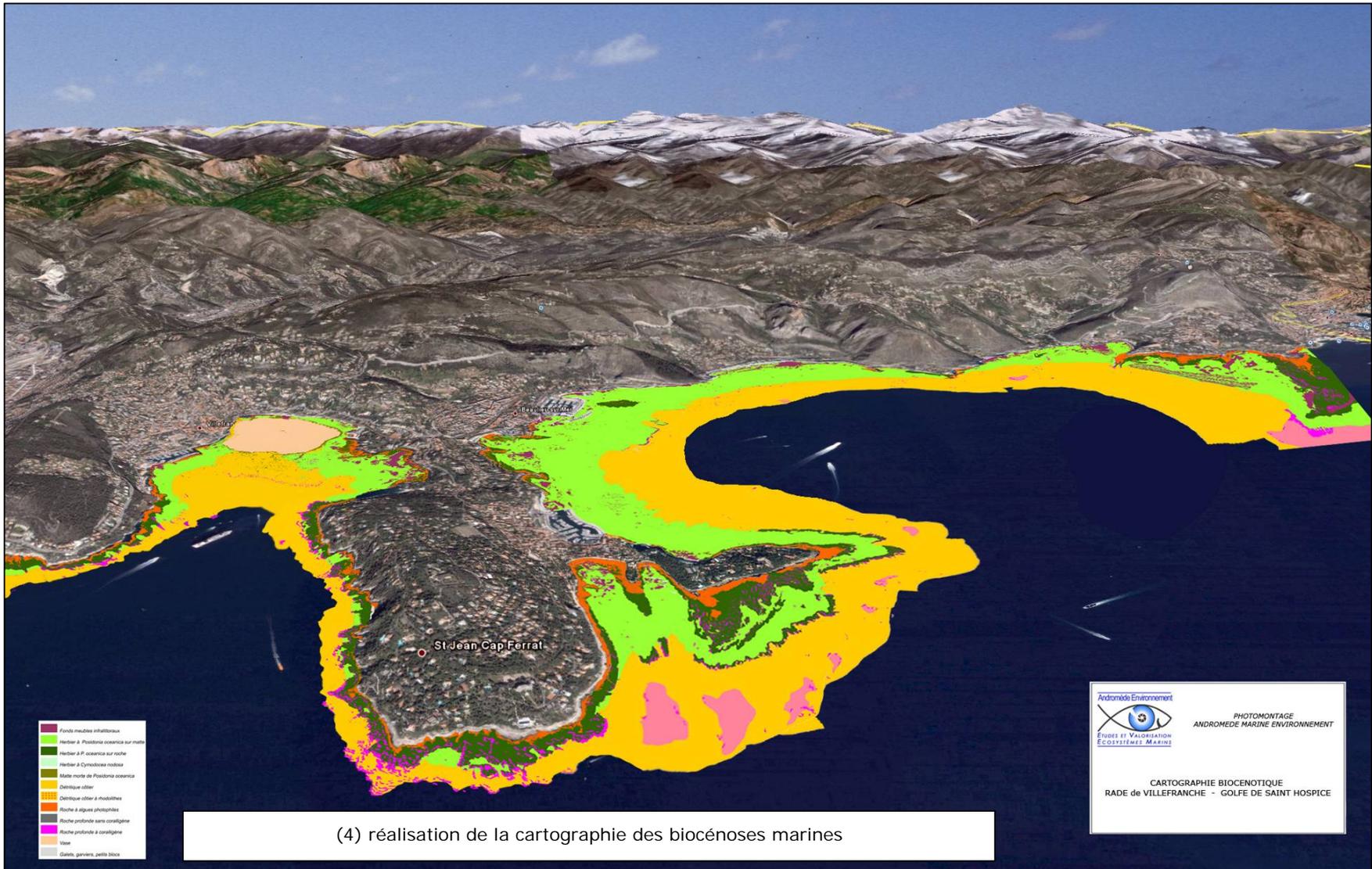
(1) Analyse de la zone d'étude à partir des données existantes (Bibliographie, photographies aérienne de l'IGN)



(2) Réalisation de l'acquisition sonar latéral et/ou sondeur multifaisceaux. Réalisation de la précartographie.



(3) Campagne de vérité terrain, transects plongeur audio



(4) réalisation de la cartographie des biocénoses marines

V. RESULTATS – EXEMPLES D'APPLICATION

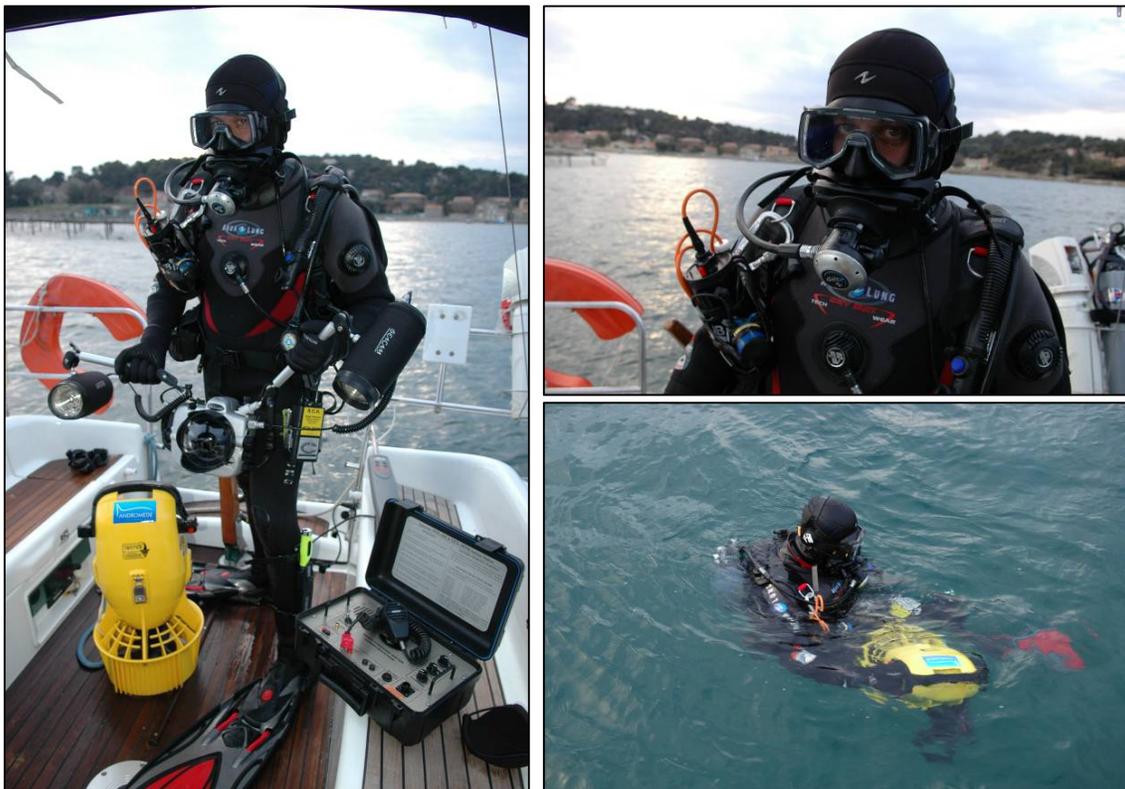
V.1. RECHERCHE ET LOCALISATION D'UNE POPULATION DE *PINNA NOBILIS* EN BAIE DU LAZARET

V.1.1. UTILISATION DE LA COMMUNICATION ET DU POSITIONNEMENT PLONGEUR DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE

Suite à un signalement de *Pinna nobilis* au sud de la pointe de l'Eguillette, en baie du Lazaret, nous avons eu pour mission de réaliser un comptage et une cartographie individu par individu de cette population. La zone avait en outre la particularité de n'être pas accessible en bateau car des pieux de fondation d'une ancienne ferme aquacole présents en sub-surface rendait dangereuse la navigation.

Le relevé a été réalisé par plongeur positionné et communiquant, se déplaçant à l'aide d'un scooter sous-marin.

A chaque observation du plongeur, les paramètres morphologiques des nacres étaient transmis au cartographe.

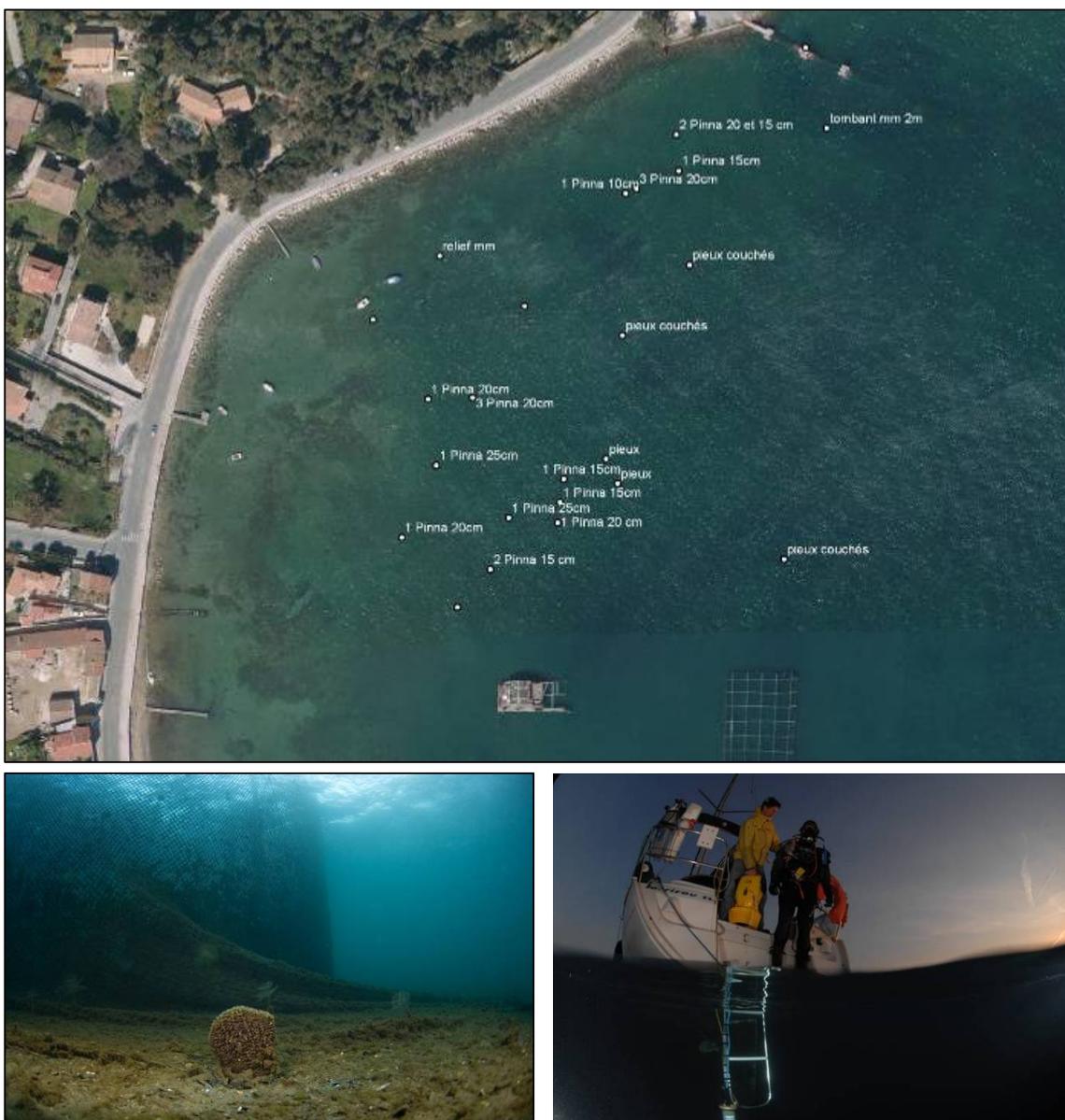


Matériel utilisé pour la recherche, la localisation et la caractérisation de nacres à Saint-Mandrier : système de communication, de positionnement et scooter sous-marin.

V.1.2. RESULTATS

Une vingtaine de nacre *Pinna nobilis* sont présentes dans une zone de matte morte située entre -6m et -1m en baie du Lazaret. La taille moyenne des *Pinna* est faible, la partie émergée des individus se situant entre 15 et 20cm.

Ce peuplement de *Pinna* a été longtemps protégé de l'impact du mouillage par la présence de pieux dans la baie. Paradoxalement, le nettoyage de cette zone dans un but de réhabilitation environnementale risque d'avoir un impact négatif sur cette population en permettant à nouveau le mouillage.



Cartographie des nacres de la Baie du Lazaret

V. 2. CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES DE LA RADE DE TOULON ET DU CAP SICIE

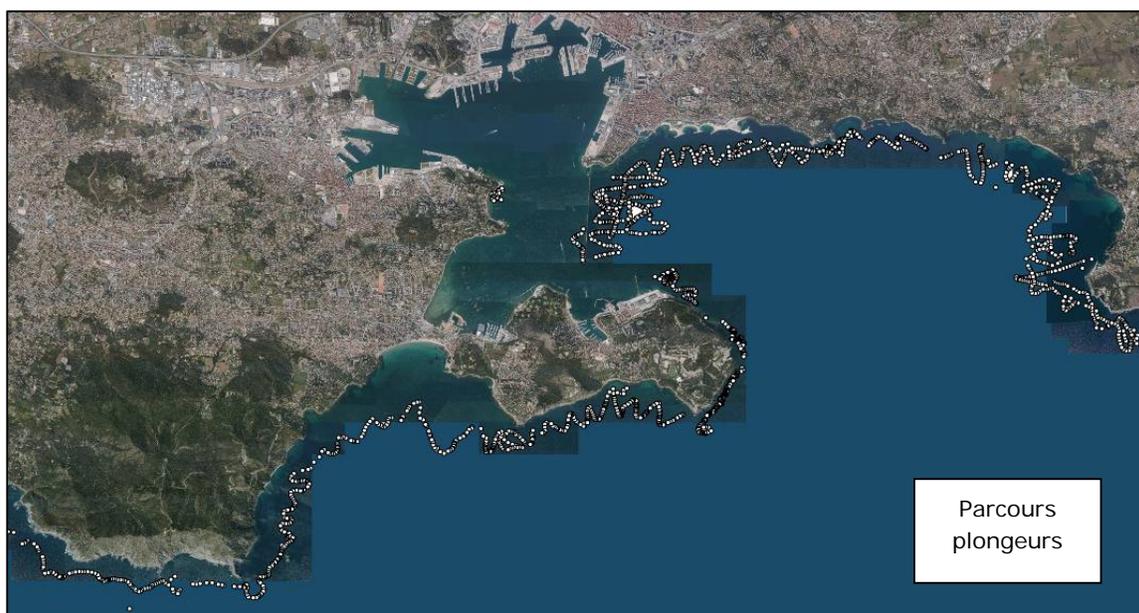
V. 2.1. UTILISATION DE LA VERITE TERRAIN DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE

Les transects plongeurs audio ont été utilisés pour réaliser la cartographie de l'état des biocénoses marines à l'échelle 1/5000^{ème} entre 0 et 50m du Cap Carqueiranne aux Embiez.

Les données d'extrapolation utilisées ont été une couverture au sondeur multifaisceaux des zones à relief et une couverture au sonar latéral pour les zones faiblement accidentées.



L'effort de vérité terrain a été important. Ce sont ainsi 120 km de transect plongeur audio qui ont été réalisés avec plus de 1500 points de validation des biocénoses marines, chacun étant géoréférencé. Ces points renseignent non seulement une présence/absence mais également un état de vitalité, un recouvrement.



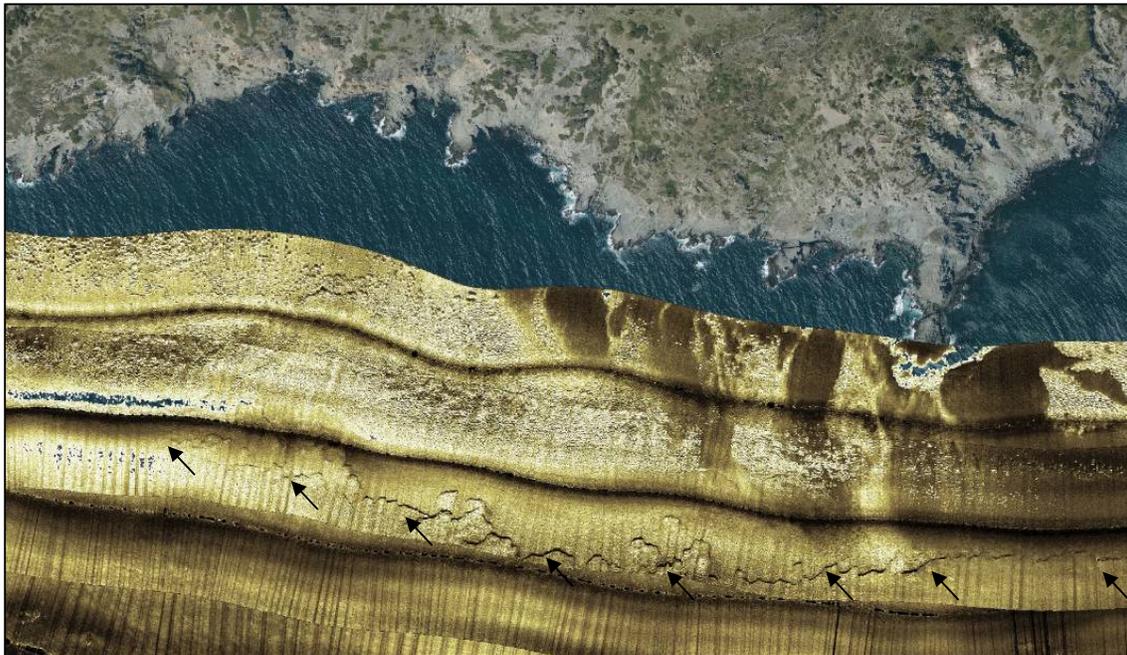
V . 2 . 2 . R E S U L T A T S

Le long du littoral rocheux accore de la pointe de l'Eperon au cap Sicié, l'herbier à *Posidonia oceanica* occupe une bande étroite, entre -5m et -30m de profondeur en moyenne. C'est un herbier clairsemé qui présente des traces de régression anciennes, le long de ses limites inférieures et supérieures, en particulier à proximité du rejet de la station d'épuration d'AmphitriA où l'herbier semble avoir complètement disparu (conséquence probable du rejet brut des effluents entre 1950 et 1997).

Entre la pointe de l'éperon et la pointe du cap vieux la limite inférieure est située autour de 28 m de profondeur, elle est de type régressive. L'herbier est morcelé, constitué de touffes et îlots en alternance avec de la matre morte. Le long de cette limite, les rhizomes sont majoritairement plagiotropes, mais de petite taille, et l'herbier présente globalement un faible recouvrement, (15% en moyenne), et des densités normales (selon les critères de Pergent-Martini, 1994 et Pergent *et al.*, 1995).

La limite actuelle est majoritairement en régression par rapport à un mur de matre morte d'environ 50cm qui est continu du Cap Sicié à la pointe de l'éperon, marquant ainsi l'ancienne limite de l'herbier. Quelques faisceaux sont également retrouvés plus en profondeur jusqu'à -33 m de profondeur en contrebas du mur de matre morte, notamment au niveau de « la pierre de l'autel ».

Les signes de dégradation de l'herbier le long de sa limite inférieure peuvent être attribués à un contexte de turbidité de la zone, de par la présence du rejet de Sicié qui autrefois n'était pas traité.



La mosaïque sonar entre la pierre de l'Autel et la pointe du Cap vieux met en évidence le tombant de matre morte retrouvé en continuité sur l'isobathe des -30m. On y observe également les différents faciès sédimentaires ; plus fins vers l'Est en se rapprochant de la Step AmphitriA. A l'ouest, l'herbier de posidonie présente une formation en taches éparses.

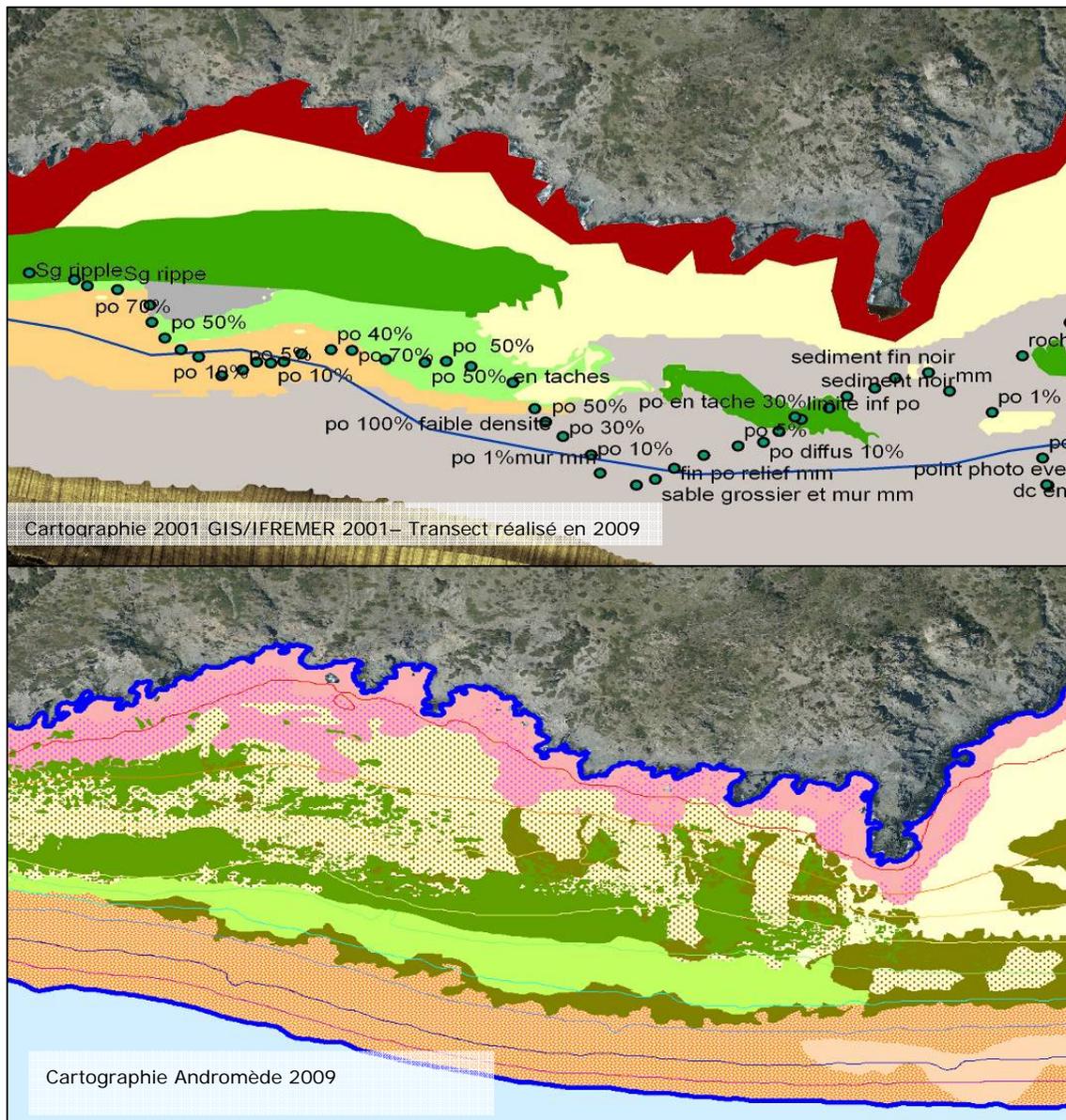


La limite inférieure de l'herbier au sud du Cap Sicié est éparse. Un tombant de matte morte est présent tout le long du cap avec des taches de posidonie au dessus et en dessous

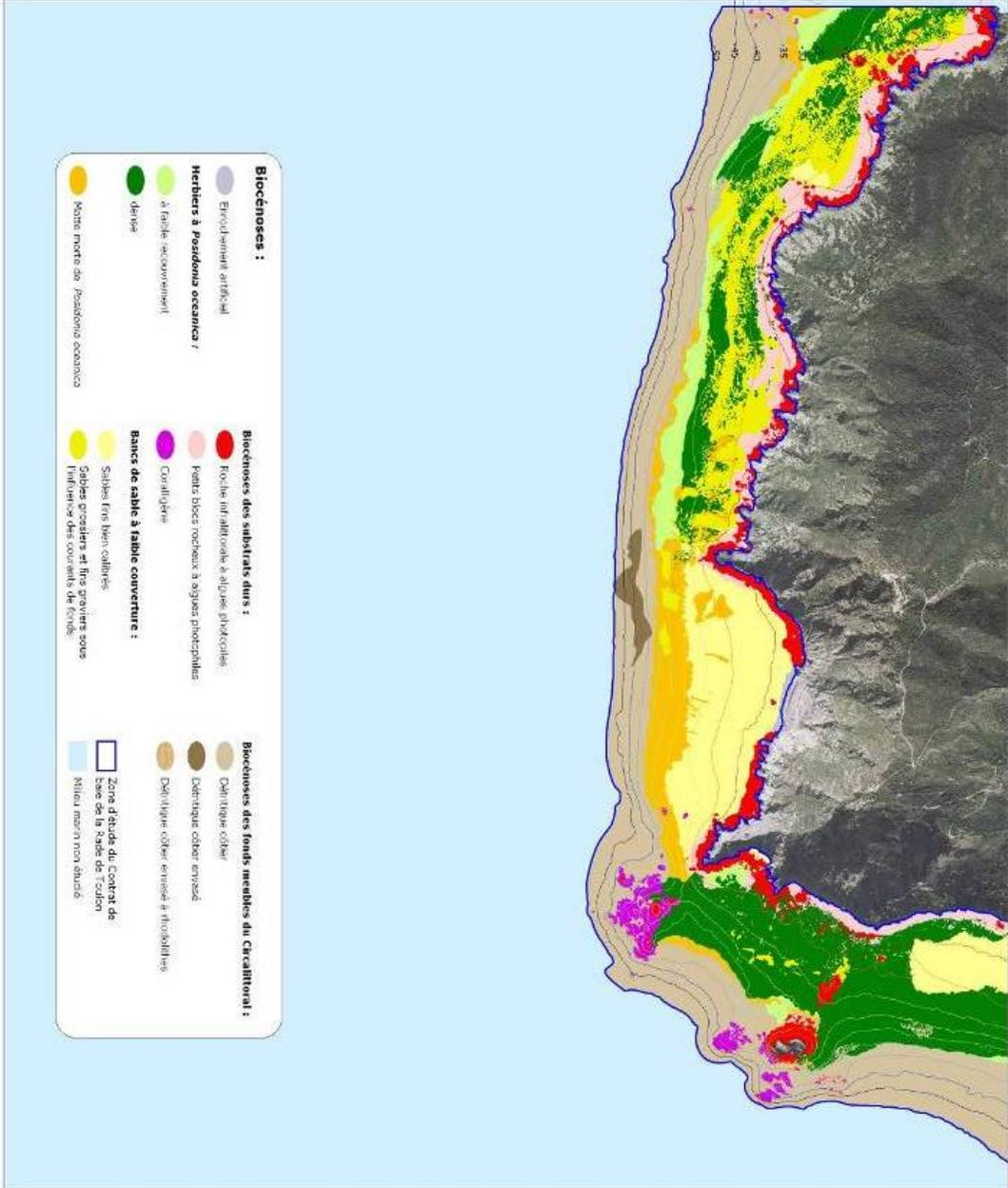
Sur toute la partie de la zone d'étude à l'Ouest du cap Sicié un tombant de matte morte d'environ 50 cm est situé à proximité de l'isobathe -30m. Il nous indique la limite passée de l'herbier de posidonie. Quelques îlots d'herbier sont actuellement retrouvés en contrebas de ce tombant.

Ce genre de faciès est typiquement source d'erreur en l'absence de vérité terrain car rien ne le distingue d'une limite inférieure d'herbier sur le sonogramme.

L'évolution des méthodologies depuis la précédente cartographie (GIS / IFREMER 2001), et un effort d'échantillonnage supérieur du fait de l'utilisation des transects plongeur audio, nous a permis de préciser les délimitations des biocénoses marines.



L'évolution des méthodologies et un effort d'échantillonnage supérieur du fait de l'utilisation de la technique du transect plongeur audio ont permis de préciser la cartographie et notamment les contours de l'herbier et de la matte morte par rapport aux cartes de 2001.



- Biocénoses :**
- Eroulement artificiel
 - Herbiers à *Posidonia oceanica* :**
 - à faible recouvrement
 - dense
 - Plage morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénoses des substrats durs :**
- Rocher infralittoral à algues phaeococcales
 - Petits blocs rocheux à algues phaeococcales
 - Corallifères
- Bancs de sable à faible couverture :**
- Sables fins bien collés
 - Sables grossiers et fins graviers sous l'influence des courants de fond
- Biocénoses des fonds meubles du Circalittoral :**
- Dérive cober
 - Dérive cober ensablé
 - Dérive cober ensablé à rhizomorphes
- Zone délimitée du Contrat de baie de la Rade de Toulon**
- Milieu marin non durci



Tableau de synthèses des biocénoses du secteur 6

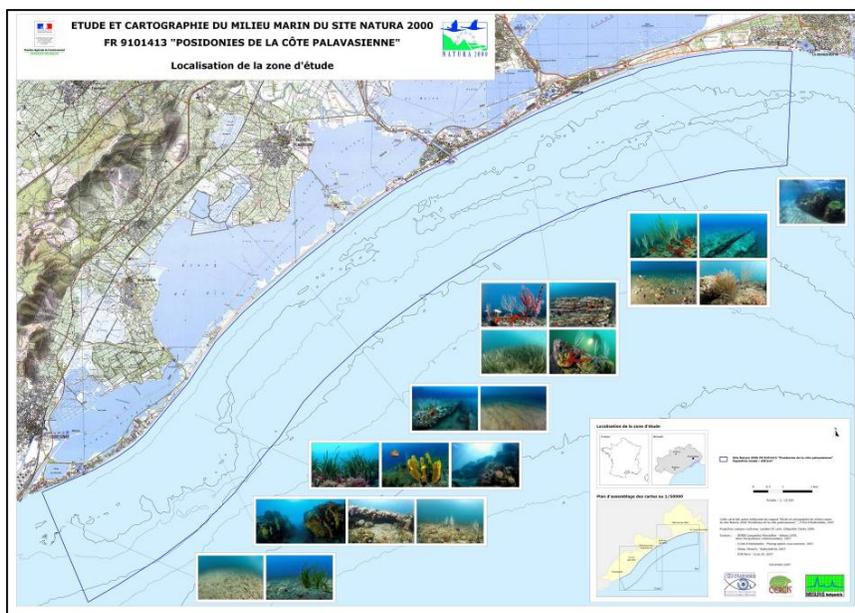
Biocénose	Surfaces (ha)	%
Éroulement artificiel	100	0,0%
Herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> à faible recouvrement	1030	4,6%
Herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> dense	5540	24,0%
Plage morte de <i>Posidonia oceanica</i>	2120	9,2%
Rochers infralittoraux à algues phaeococcales	2030	8,9%
Petits blocs rocheux à algues phaeococcales	2030	8,9%
Corallifères	2030	8,9%
Sables fins bien collés	5540	24,0%
Sables grossiers et fins graviers sous l'influence des courants de fond	5540	24,0%
Dérive cober	1030	4,6%
Dérive cober ensablé	1030	4,6%
Dérive cober ensablé à rhizomorphes	1030	4,6%
Total	22000	100,0%



Cette carte fait partie intégrante du rapport "Etude des milieux marins de la Rade de Toulon" - Andromède océanologie, 2009. Elle a été réalisée à partir de :
 - BD Carthage de IGN, 2006
 - Carte de répartition au large réalisée en 2009 par Andromède océanologie
 - Carte de répartition au large réalisée en 2009 par Andromède océanologie
 - Projection conique conforme Lambert III sud
 Ellipsoïde Clarke 1880
 Sources :
 - Institut océanographique - Belvédère, Fianarantsoa
 - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
 - IGN Paris - BD Carthage, 2006

V. 3. CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES DU SITE NATURA 2000 « POSIDONIES DE LA COTE PALAVASIENNE »

Le secteur géographique concerné par cette étude correspond à la zone marine du site NATURA 2000 de l'herbier à Posidonies de la côte Palavasiennne représentant une superficie d'environ 108 km². 5 communes sont concernées par ce site (d'Est en Ouest) : La Grande-Motte, Maugio-Carnon, Palavas-les-flots, Villeneuve-les-Maguelone, Frontignan.



IDENTIFICATION

- ▶ **Appellation :** POSIDONIES DE LA COTE PALAVASIENNE
- ▶ **Statut :** Site ou proposition de Site d'Importance Communautaire (SIC/pSIC)
- ▶ **Code :** FR9101413

Localisation

- ✦ **Région :**
- ✦ **Département :** Domaine maritime
- ✦ **Superficie :** 10830 ha
- ✦ **Altitude minimale :** -20 m
- ✦ **Altitude maximale :** 5 m
- ✦ **Région biogéographique :** Méditerranéenne

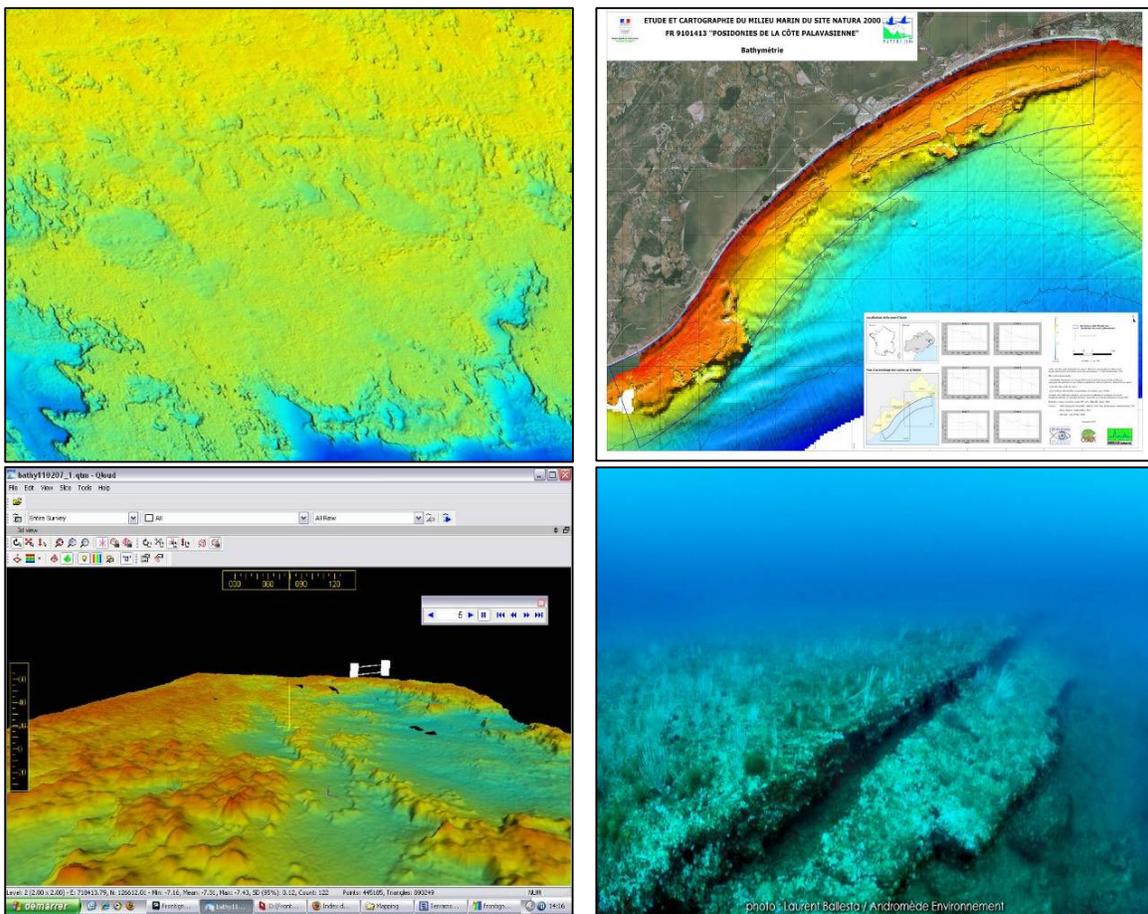
La surface de ce site rejoint la Zone de Protection Spéciale suivante : [FR9112017](#) ETANG DE MAUGUIO

V.3.1. DONNEES DISPONIBLES POUR L'EXTRAPOLATION

- **Sondeur multifaisceaux**

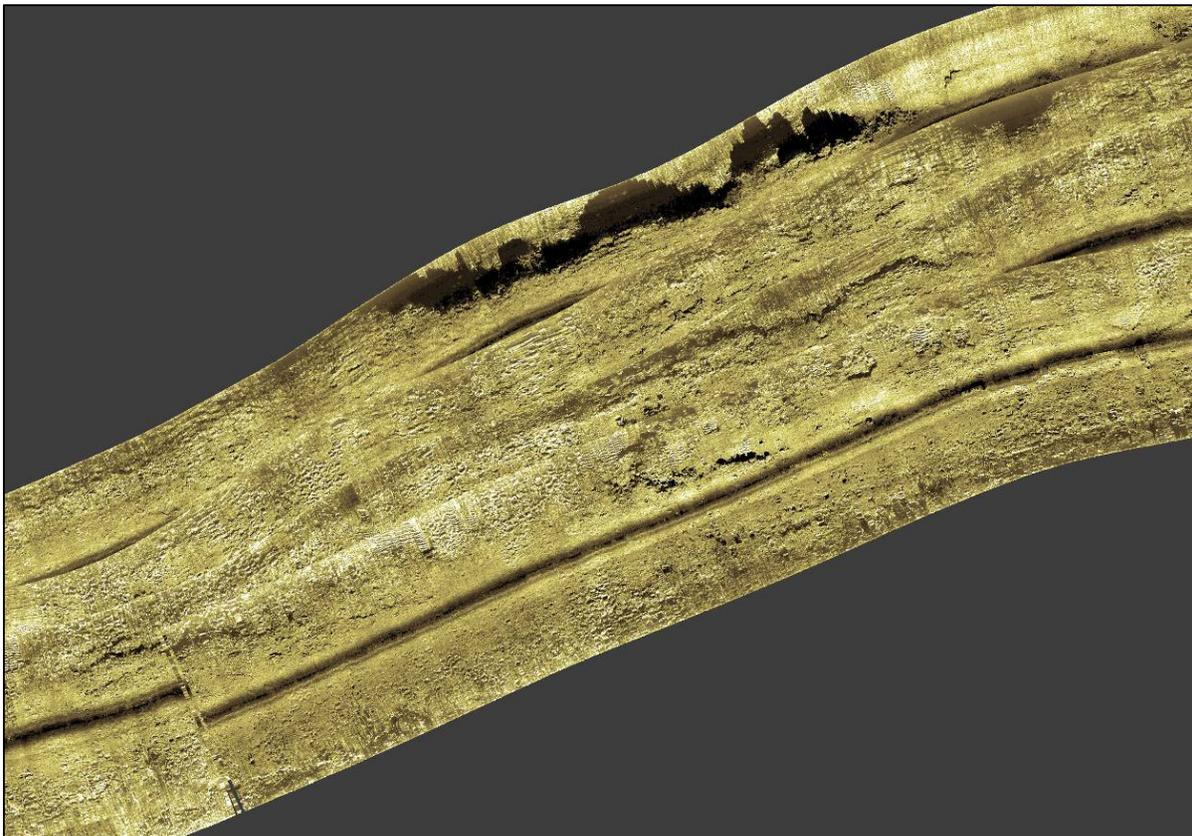
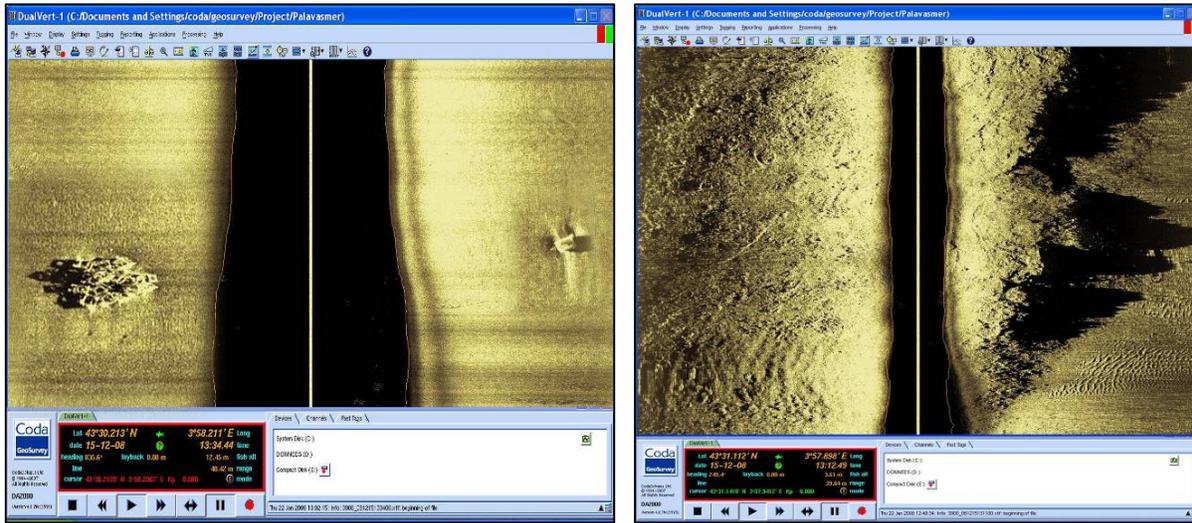
Le lever au sondeur multifaisceaux fait apparaître la structure du plateau rocheux irrégulier, s'étendant à proximité du rivage, des Aresquiers à la Grande Motte, entre 4 et 25 mètres de profondeur.

Ce plateau rocheux est de formation relativement récente. Son origine remonte à la dernière phase de la transgression flandrienne où le niveau de la mer est progressivement passé de -120 mètre au niveau actuel.



Le plateau rocheux est bien détecté par le sondeur multifaisceaux mais les herbiers ne sont pas détectés.

- **Sonar latéral**



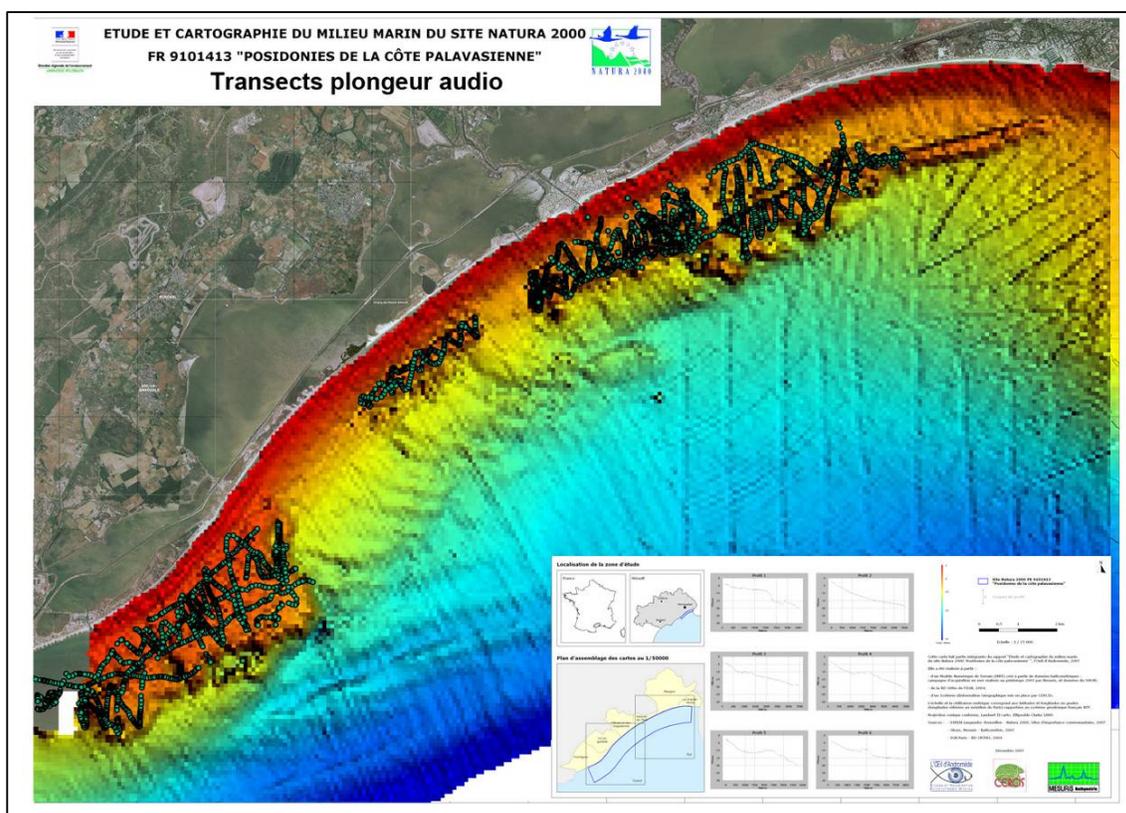
Le sonar latéral permet de détecter aisément les récifs artificiels de la zone (1), les contours du banc rocheux (2 et 3). En revanche, comme le sondeur multifaisceaux, il ne permet pas de détecter les herbiers de posidonie.

V.3.2. UTILISATION DE LA VERITE TERRAIN DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE

Du fait de l'indéteçtabilité des herbiers de posidonie dans la zone d'étude (herbiers clairsemés, se développant sur roche) par le sonar latéral et par le sondeur multifaisceaux, la cartographie de la zone a été essentiellement réalisée à partir des données transects plongeurs audio.

La quantité de transects nécessaires à la cartographie du site a donc été très importante.

Les transects ont été concentrés sur les bancs rocheux, et leur densité supérieure aux endroits où des herbiers étaient détectés.



Ensemble des transects réalisés sur la zone d'étude

V . 3 . 3 . R E S U L T A T S

La zone Natura 2000 « Posidonies de la Côte palavasienne » apparaît comme un site particulièrement singulier à l'échelle de la Méditerranée. La biomasse y est importante et les espèces originales, souvent plus représentées dans les eaux atlantiques que méditerranéennes.

Entre les deux bancs rocheux on observe de grandes zones de débris de roche liées aux cassures des plateaux. C'est également dans ce secteur que l'on observera les posidonies les plus denses. Il est vraisemblable que la présence d'un support rocheux soit indispensable à l'implantation de la Posidonie en Languedoc dans le contexte de fort hydrodynamisme du Golfe du Lion. En effet, le support rocheux peut permettre une atténuation des houles (variations de topographie en particulier) et/ou servir de support de fixation. Ce ne sont cependant, au vu de la matre morte alentour, que des reliquats des herbiers passés. Le phénomène de régression semble être dû à l'augmentation de la turbidité dans le golfe du Lion. Le phénomène reste mal connu.

Regroupés par taches de dimensions et de forme irrégulière, ils apparaissent généralement mélangés en mosaïque avec des zones de matre morte, de roches affleurantes, de galets plats, de sables et graviers coquilliers.

Les dimensions et les fréquences d'apparition des taches de Posidonies vivantes diminuent souvent de manière progressive à partir des zones centrales des zones à Posidonies. Cette diminution s'observe aussi bien dans le sens de l'augmentation de la profondeur que dans celui de la diminution de la profondeur. Elle se poursuit jusqu'à la disparition des taches vivantes et l'apparition de vastes étendues périphériques de matre morte. Les limites supérieures et inférieures des zones à Posidonies vivantes sont donc en général difficiles à déterminer de manière précise.

Les zones de matre morte, très étendues, présentent une forte compacité en raison d'une densité importante de rhizomes morts et de présence d'une matrice sédimentaire constituée de particules de dimensions variables.

L'épaisseur des zones de matre morte est généralement comprise entre 10 et 40 centimètres environ. Au-delà, les rhizomes sont fortement dégradés et on trouve souvent un substrat rocheux

La cartographie des biocénoses, réalisée grâce à une campagne importante de transects plongeur audio pour compenser les difficultés d'interprétation des données sondeur et sonar latéral sur les bancs rocheux, montre une régression alarmante des herbiers, de l'ordre de 90%. La cartographie révèle une étendue de matre morte considérable (1450 ha), à comparer avec une surface d'herbier de 210 ha (dont plus de la moitié présente un recouvrement inférieur à 10%). Les herbiers présentant un recouvrement supérieur à 50% constituent sur l'ensemble du site moins de 15 ha. Un nouvel herbier situé au large de la grande motte a néanmoins été découvert.

La comparaison avec des études récentes (CEGEL 2004) montre que cette dynamique régressive se poursuit, mettant en péril la survie de l'espèce sur le site à moyen terme.



Reliquats d'herbiers et matre morte sur le site Natura 2000 « posidonies de la côte palavasienne »

VI. CONCLUSION

Le présent document constitue l'aboutissement d'un travail de longue date effectué par l'association L'Œil d'Andromède visant à améliorer de manière significative la phase de « vérité terrain », étape cruciale dans le processus de réalisation des cartographies biocénotiques.

Cette réflexion a abouti à l'élaboration de la technique du *transect plongeur audio positionné*, une technique qui permet la validation terrain de plusieurs milliers de points par un plongeur/biologiste le long de transects pouvant atteindre une quinzaine de kilomètres par jour d'acquisition avec une précision sub-métrique.

Les détails de cette technique, la description du matériel spécifique qui a été développé et des exemples de résultats sont présentés dans le présent document dans le cadre de 3 études présentant des problématiques différentes :

- Cartographie classique en PACA à partir de données sonar latéral
- Cartographie avec impossibilité d'interpréter les données sondeur et sonar en LR
- Cartographie d'une population de *Pinna nobilis* à Saint Mandrier

Les résultats obtenus dans le cadre de ces 3 études montrent l'importance de la phase de vérité terrain dans le processus de réalisation des cartographies biocénotiques mais aussi l'apport de la technique du plongeur audio dans les 3 cas étudiés.

Les résultats attendus grâce à l'utilisation de cette technique dépassent largement le cadre de cette étude. Il s'agit en effet d'une amélioration notable des cartographies biocénotiques produites sur la façade méditerranéenne.

Enfin la réalisation systématique de transects (environ 700 km à ce jour) de Cerbère à Monaco a permis d'avoir une vision globale de l'état de santé des herbiers de posidonie à l'échelle de la façade Méditerranéenne française, de développer une « culture » de l'environnement marin méditerranéen français qui sera utile dans le futur pour procéder à des recommandations « a dire d'expert » si nécessaire.



Plongeur en transect, Rade d'Agay, Var

46