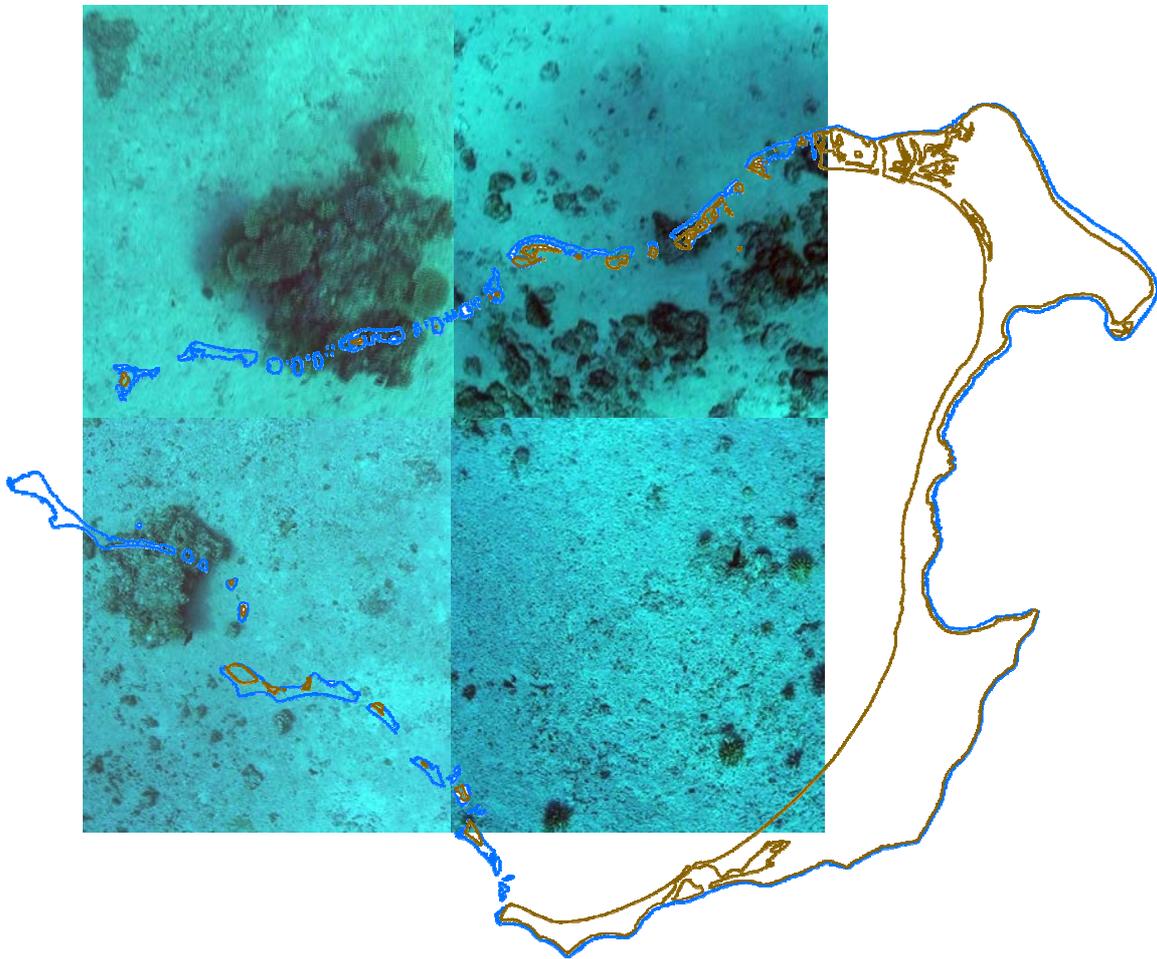


**« Propositions
pour limiter l'impact de l'ancrage des navires de tourisme
sur les récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie,
à partir de l'étude de trois sites de mouillage »**

ETUDE DU SITE D'OUVEA



Mars 2009

**Marc LEOPOLD
Pascal DUMAS**

SOMMAIRE

1. Introduction	3
1.1. Contexte général de l'étude	3
1.2. Exploitation du site par le tourisme de croisière	3
2. Méthodologie de l'étude	5
2.1. Nature des observations sous-marines	5
2.2. Traitement semi-automatique des enregistrements vidéo	6
3. Résultats	7
3.1. Collecte et traitement des données	7
3.2. Description des habitats de la zone d'étude	8
4. Discussion	14
4.3. Bilan des impacts du mouillage des paquebots à Ouvéa	14
4.4. La définition d'une zone de mouillage réglementaire à Ouvéa ?	16
Remerciements	17
Références citées	17
Annexe : Exemples de photographies des habitats	18

1. Introduction

1.1. Contexte général de l'étude

En milieu marin, la dégradation des habitats est considérée comme une des causes premières du déclin de la biodiversité (Trush et Dayton 2002). Ce constat concerne particulièrement les habitats coralliens, fortement vulnérables à une large gamme de perturbations liées aux activités humaines, parmi lesquelles figurent notamment le développement du tourisme sur les lagons et récifs (Burke et al. 2001 ; Maynard 2007). Si en Nouvelle-Calédonie le niveau de fréquentation touristique reste à l'heure actuelle modéré (~100 000 visiteurs/an), les prévisions de l'Organisation Mondiale du Tourisme sur les 10 prochaines années annoncent un doublement de la fréquentation pour la zone Océanie-Pacifique sud. Dans ce contexte économique, le développement du secteur touristique en Nouvelle-Calédonie constitue une priorité clairement identifiée par les Provinces, récemment formalisée dans le cadre du Plan de Développement Touristique Concerté de Nouvelle-Calédonie (PDT CNC - 2005). Le projet d'inscription d'une partie des récifs et lagon au patrimoine mondial de l'UNESCO va aussi dans ce sens, tout en inscrivant ce développement dans une logique de préservation de l'environnement. Evaluer objectivement l'impact des activités touristiques sur le milieu constitue dès lors un préalable indispensable dans une perspective de gestion durable du milieu et de ses usages.

Avec plus de 80 paquebots ayant accosté en 2006, le tourisme de croisière constitue une activité en plein essor en Nouvelle-Calédonie, dont les effets sur les habitats coralliens et les espèces associées sont très mal connus. L'ancrage de navires de croisière dans le lagon d'Ouvéa depuis 2006 est à l'origine de dégradations ponctuelles des récifs. Le comité de cogestion d'Ouvéa et de Beautemps-Beaupré, créé en 2007 dans le cadre de l'inscription au Patrimoine mondial de l'UNESCO, se montre vigilant sur cette question. Son rôle est d'élaborer le plan de gestion participatif des lagons, récifs et écosystèmes associés ainsi que d'assurer sa mise en œuvre effective. Composé de 19 représentants permanents des co-gestionnaires (autorités coutumières, Province et commune), il a constitué 5 groupes de travail thématiques dont l'un s'intéresse à l'aménagement du territoire (ancrage des paquebots et autres navires, pêche, protection du littoral).

Relayant les questionnements des populations locales et des collectivités quant à la préservation du milieu et des ressources sur les sites fréquentés, cette étude visait à évaluer l'impact des perturbations occasionnées par les paquebots de croisière sur les paysages benthiques et les communautés de poissons associées. Les observations sous-marines sur le site de mouillage ont été effectuées par vidéo à l'aide d'un prototype développé par l'Ifremer, et ont permis de cartographier différentes catégories de substrat. Le présent rapport détaille les opérations réalisées sur le site d'Ouvéa et les résultats obtenus. Une étude similaire a été réalisée à Lifou à la même période via la province des Iles Loyauté ; elle ne figure pas dans ce rapport. Ces informations permettront d'alimenter une concertation entre collectivités et opérateurs touristiques pour mettre en place un cadre de gestion de l'espace maritime qui minimise les impacts des activités de croisière sur les écosystèmes coralliens de Nouvelle-Calédonie, en particulier sur les sites inscrits à l'UNESCO.

1.2. Exploitation du site par le tourisme de croisière

Le site d'Ouvéa est principalement exploité par la compagnie P&O (tableau 1). Près de 90 paquebots ont mouillé dans le sud d'Ouvéa depuis décembre 2005 (Figure 1). Plusieurs contraintes d'accès des paquebots ont été soulevées lors d'une réunion à Nouméa dans les locaux des pilotes maritimes (12/02/2008), en présence de M. Léopold (IRD), I. Mazzéo (IFRECOR), E. Jaunay (Directrice des opérations portuaires), F. Urbain (représentant des pilotes maritimes de Nouvelle-Calédonie), et C. Alosio (Président du comité *Suafia*, organisant l'arrivée des croisiéristes à Ouvéa ; Président du District de Mouli) :

1) Un point de mouillage est recommandé depuis près d'un an à la compagnie P&O (position WGS 84 : 20°42,270' S – 166°24,520' E) ; il correspond à un alignement réalisé par la Mission Océanographique Pacifique (MOP). Il n'existe pas de convention internationale obligeant le commandant des navires à suivre cette indication, la compagnie P&O agit sur une base volontaire. La précision du mouillage serait « de l'ordre de 50 m ».

En l'absence d'indications, les navires auraient mouillé aux environs de ce point jusqu'au début 2007 (soit près de 30 touchers). Le système est considéré comme maîtrisé aujourd'hui. Les zones impactées se situeraient « à moins de 0,3 mille » du point de mouillage actuel.

Un point de mouillage alternatif, pour des navires à tirant d'eau inférieur à 7 m, ne semble pas avoir été utilisé (WGS 84 : 20°42,603' S – 166°24,410' E) .

Plusieurs mouillages ont été effectués plus au large début 2006, au début de l'exploitation du site (WGS 84 : 20°40,408' S – 166°25,217' E).

2) Les navires calent entre 8 et 8,3 m. Le point de mouillage se situe aussi près du ponton de débarquement que possible (0,95 milles), soit environ à 20 minutes en navette (100 passagers). Cette distance est considérée comme élevée par les compagnies maritimes, qui affrètent des navires de capacité croissante depuis 2005 (jusqu'à 2000 passagers), d'où une attention particulière à la fréquence de rotation des navettes. Dans d'autres régions, le mouillage est cependant plus éloigné, jusqu'à 1,5 mille environ.

3) Le point de mouillage est situé sur un plateau à très faible pente. La nature du fond (dalle, épaisseur de sable très insuffisante) ne permet pas un ancrage stable. Dès que le vent dépasse 25 nœuds, l'escale est supprimée : l'ancre chasse même lorsque toute la chaîne est mouillée (300 m), potentiellement « sur une distance de plus de 200 m » correspondant au temps de relance des machines, et les conditions de mer ne permettent plus de débarquer les passagers en sécurité.

Le mouillage de 2 ancres en fourche poserait des problèmes de sécurité en cas de vent tournant, cette solution ne peut donc être utilisée en routine.

Une mission de la MOP en 2006 visant à identifier une nouvelle zone sableuse à l'est du point de mouillage actuel a révélé des sondes trop faibles pour les paquebots.

4) La pose de coffres en étoile (3 points comprenant chacun 6 ancres) et d'une bouée d'amarrage est envisagée par la Province des îles Loyauté pour mettre un terme aux dégradations des récifs. Cette solution pourrait poser un certain nombre de difficultés techniques (problème d'évitement des coffres et de manutention) et de coût (mise à disposition d'un navire et de marins formés). Une alternative serait le mouillage sur « une zone sacrifiée » fixée par une réglementation contraignante pour le commandant des paquebots, afin de limiter spatialement la destruction des habitats coralliens. Cette « zone sacrifiée » correspondrait, selon les pilotes, à un cercle d'évitage de 0,3 mille de diamètre (soit 24 ha). Cette recommandation aurait déjà été évoquée à la Commission nautique. Elle ne permettrait cependant pas d'éviter des dégradations accidentelles en dehors de cette zone en cas de vent fort.

Cette étude vise à apporter des précisions objectives sur l'état des récifs coralliens à proximité du point de mouillage recommandé, afin d'aider la concertation entre les différentes parties prenantes (collectivités, compagnie P&O, pilotes maritimes, autorités coutumière, population locale, etc.) pour privilégier l'une ou l'autre de ces solutions techniques.

Tableau 1. Nombre d'escales des navires de croisière à Ouvéa.

Navire	Nombre d'escales sur la période 2005- jan. 2008	Année	Nombre d'escales
Océanic Discoverer	4	2005	7
Rhapsody of the sea	1	2006	26
Pacific Princess *	7	2007	27
Pacific Dawn *	3	2008	23 *
Pacific Sky *	4	* prévisions	
Pacific Star *	6		
Pacific Sun *	38		
Pacific Vénus *	1		
Total	64	* Navires de la compagnie P&O	



Fig. 1. Le point de mouillage recommandé pour les paquebots de croisière se situe à 0,95 mille du bord de mer. La capacité des navires peut atteindre 2000 passagers.

2. Méthodologie de l'étude

2.1. Nature des observations sous-marines

Une mission préliminaire sur le site de mouillage d'Ouvéa (19-20/02/2008) a été réalisée à l'aide locoploneurs pour déterminer la zone d'étude, les méthodes d'observation et les paramètres à prendre en compte. Peu de travaux ont en effet été consacrés à l'étude des impacts de cette ampleur sur les récifs coralliens, et une méthodologie originale a dû être développée. Huit transects (soit un parcours total de 5,2 km) ont été effectués et ont permis de délimiter une zone de 70 ha potentiellement impactée par les ancrages successifs des paquebots.

Cette zone a été étudiée plus précisément lors d'une seconde campagne réalisée du 6 au 10 octobre 2008 lors d'une mission conjointe IRD/Ifremer. Compte tenu de la zone à couvrir, l'utilisation d'une caméra vidéo tractée a été privilégiée à l'aide d'un prototype développé par l'Ifremer. Le système est équipé d'une caméra Sony HD HC1 16/9 munie d'un objectif grand angle (120°), insérée dans un caisson à hublot sphérique et maintenue sur un trépied (Figure 2). Le système est remorqué à l'aide d'un câble vidéo renforcé permettant un contrôle de la vidéo à bord de l'embarcation, à très faible vitesse (1 à 1,5 nœud) et à proximité du fond. Un profondimètre enregistre la profondeur de la caméra en continu. Ce profil bathymétrique, couplé à deux mesures de sonde (en début et en fin de transect), permet de déterminer la distance approximative entre la caméra et le fond en temps réel, et donc d'estimer la surface balayée. La prise de vue est proche de la verticale grâce à un dispositif de lestage.

Le positionnement du bateau (et donc de la caméra) est enregistré par GPS en temps réel, avec une précision de l'ordre de 5 m. Ces données géographiques permettent de dresser une cartographie des paramètres mesurés sur l'habitat (Parsons et al. 2004).



Fig. 2. Le système vidéo peut être manipulé à bord d'une petite embarcation, suivant un cap déterminé et une vitesse faible. La profondeur de la caméra est ajustée manuellement, grâce à un écran de contrôle. Elle fournit des images haute résolution, dont la qualité dépend cependant des conditions de mer (visibilité, houle).

2.2. Traitement semi-automatique des enregistrements vidéo

Les fichiers vidéos obtenus en haute résolution sont traités par extraction automatique d'images (1 image/15 s, soit 1 image/10 m environ). Les images obtenues sont reformatées pour conserver 50 % de leur surface totale (pour des raisons de déformation de l'image, les marges ne sont pas exploitables pour les besoins de l'étude).

Elles sont finalement analysées à l'aide du logiciel spécialisé CPCE (Coral Point Count with Excel extensions), développé par le National Coral Reef Institute (Etats-Unis). La densité de points est proportionnelle à la surface de l'image (1 point/m²) et leur disposition est semi-aléatoire (Dumas et al. 2008).

La sélection des paramètres mesurés sur l'habitat est fonction des objectifs de l'étude définis ci-dessus (Dinsdale et Harriot, 2004). La description de l'habitat est effectuée à l'aide des 6 catégories suivantes, définies spécifiquement pour cette étude, et exprimées en pourcentage de recouvrement (Tratalos et Austin 2001) :

- Substrat (sable et dalle)
- Corail vivant (toutes formes)
- Corail mort en place
- Débris coralliens, suivant 3 classes de taille : 0-20 cm ; 21-50 cm ; plus de 50 cm (blocs)

La présence/absence de massifs coralliens en place de plus de 1 m est également mesurée.

Ces paramètres ont été inclus dans un système d'information géographique (SIG) pour être cartographiés séparément. Une extrapolation spatiale a été réalisée à l'aide des techniques classiques de géostatistiques (Surfer ©) pour faciliter la lecture des cartes de distribution.

En l'absence de données sur l'habitat avant les premiers touchers des navires de la compagnie P&O à Ouvéa en 2006, une comparaison spatiale a été effectuée grâce au zonage des paramètres du milieu à l'intérieur de la zone d'étude, pour mettre en évidence les impacts des mouillages. Cette approche, bien que moins puissante qu'une étude spatio-temporelle, est utilisée pour évaluer l'effet de mesures spatialisées de gestion (McClanahan et al. 2006; Denny et Babcock 2004).

3. Résultats

3.1. Collecte et traitement des données

La méthodologie utilisée a permis d'étudier une zone de 116 ha. 27 transects de vidéo tractée ont été effectués en 3 jours de navigation, totalisant près de 8 h de films et une distance de 22 km (Figure 3). 1943 images ont été extraites des vidéos, pour une surface estimée de 25 000 m².

En raison de problèmes techniques lors de la collecte de données, la distance de la caméra par rapport au fond a varié de 0,5 à 6 m. Seules les images pour lesquelles cette distance était comprise entre 2,5 et 5 m (soit une surface de 10 à 30 m²) ont été utilisées dans l'analyse du substrat (1 150 images pour 21 300 m²). 793 images n'ont pu être traitées (41 %). La présence de massifs coralliens a néanmoins pu être observée sur 1925 images (99 %).

Ces difficultés permettent d'envisager des améliorations du prototype vidéo de l'Ifremer.

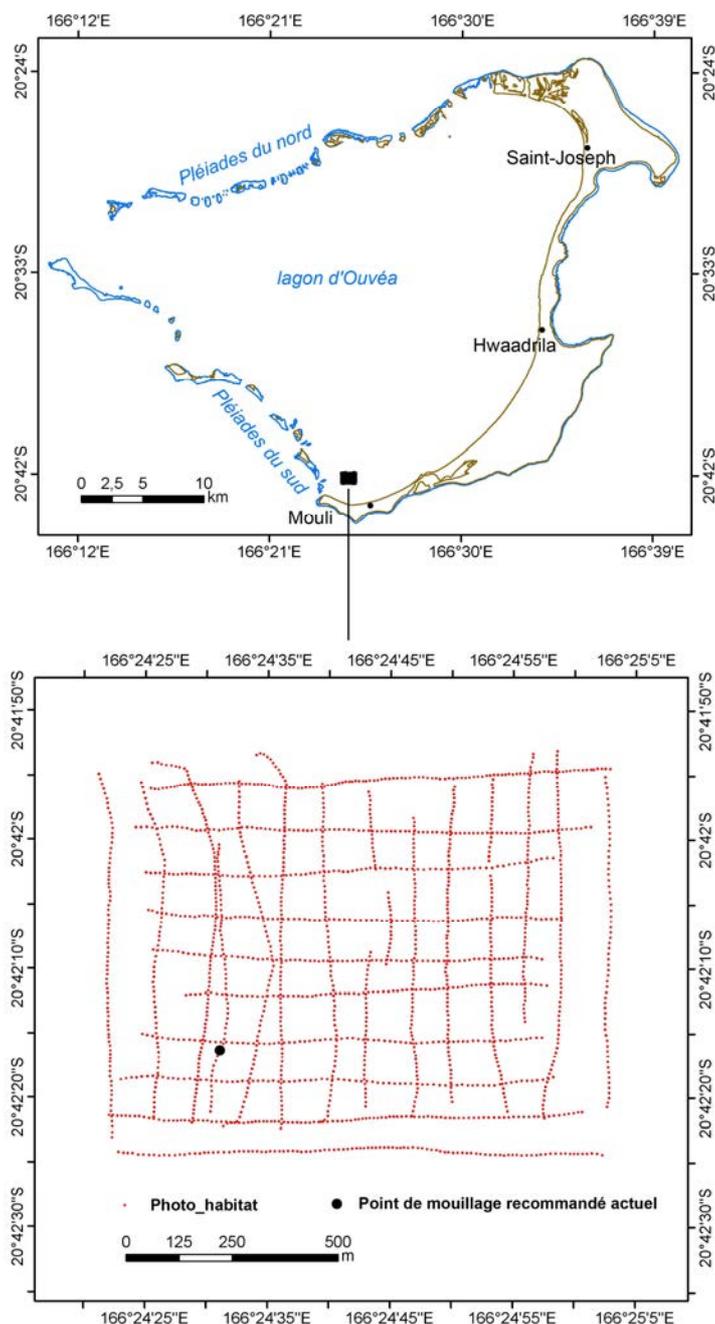


Fig. 3. Localisation des stations d'observations (photographies de l'habitat)

3.2. Description des habitats de la zone d'étude

Dans l'ensemble, les observations montrent que la zone comprend un plateau à très faible pente orientée sud-nord et ouest-est, à des profondeurs comprises entre 12 et 15 m. Les sondes sont plus faibles au niveau des massifs coralliens.

La présence de massifs coralliens de plus de un mètre a été observée sur 320 images (17 %). Le recouvrement corallien moyen atteint 6 % sur les images traitées (Figure 4). La zone est majoritairement composée de fonds de sable et de dalle (94 %). Sur 29 % de leur étendue (soit 27 % de la surface totale), ils sont recouverts de débris coralliens, le plus souvent de taille 0-20 cm.

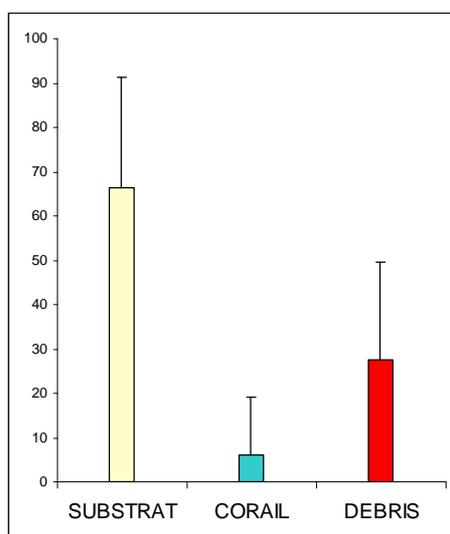


Fig. 4. Recouvrement moyen (et écart-type) des principales catégories de l'habitat : substrat (sable et dalle), corail en place (mort et vivant), débris (toutes tailles).

La distribution spatiale des paramètres de l'habitat présente une certaine hétérogénéité à l'échelle de la zone d'étude :

- CORAIL VIVANT (Fig. 5) : présence dispersée à l'échelle de la zone d'étude. Le corail vivant, comme les massifs coralliens de plus de 1 m, sont cependant presque absents dans la région située à moins de 0,2 mille du point de mouillage recommandé. Le recouvrement est supérieur au nord-ouest de la zone (ponctuellement supérieur à 20 % dans les zones de massifs coralliens).
- CORAIL MORT (Fig. 6) : Le recouvrement est supérieur dans la région située à moins de 0,2 mille du point de mouillage recommandé, dépassant 20 % ponctuellement. En dehors de cette région, la distribution est comparable à celle du corail vivant.
- DEBRIS 0-20 cm (Fig. 7) : les débris coralliens de petite taille sont présents dans toute la zone d'étude. Leur recouvrement est plus élevé dans un secteur centre-sud jusqu'à 0,3 mille du point de mouillage recommandé, ainsi qu'à l'extrême est de la zone (couverture dépassant 40 %). Ces débris sont moins abondants dans le ¼ nord-ouest.
- DEBRIS 21-50 cm (Fig. 8) : cette débris intermédiaires sont représentés à des couvertures inférieures à 10 %, sauf dans une dizaine de poches situées notamment à proximité du point de mouillage recommandé
- DEBRIS > 50 cm (Fig. 9) : les blocs sont présents ponctuellement, à moins de 0,3 mille du point de mouillage recommandé.

Des alignements de débris de 21 à plus de 50 cm ont également été observés lors de séquences vidéo complémentaires.

Fig. 5. % de recouvrement - Corail vivant

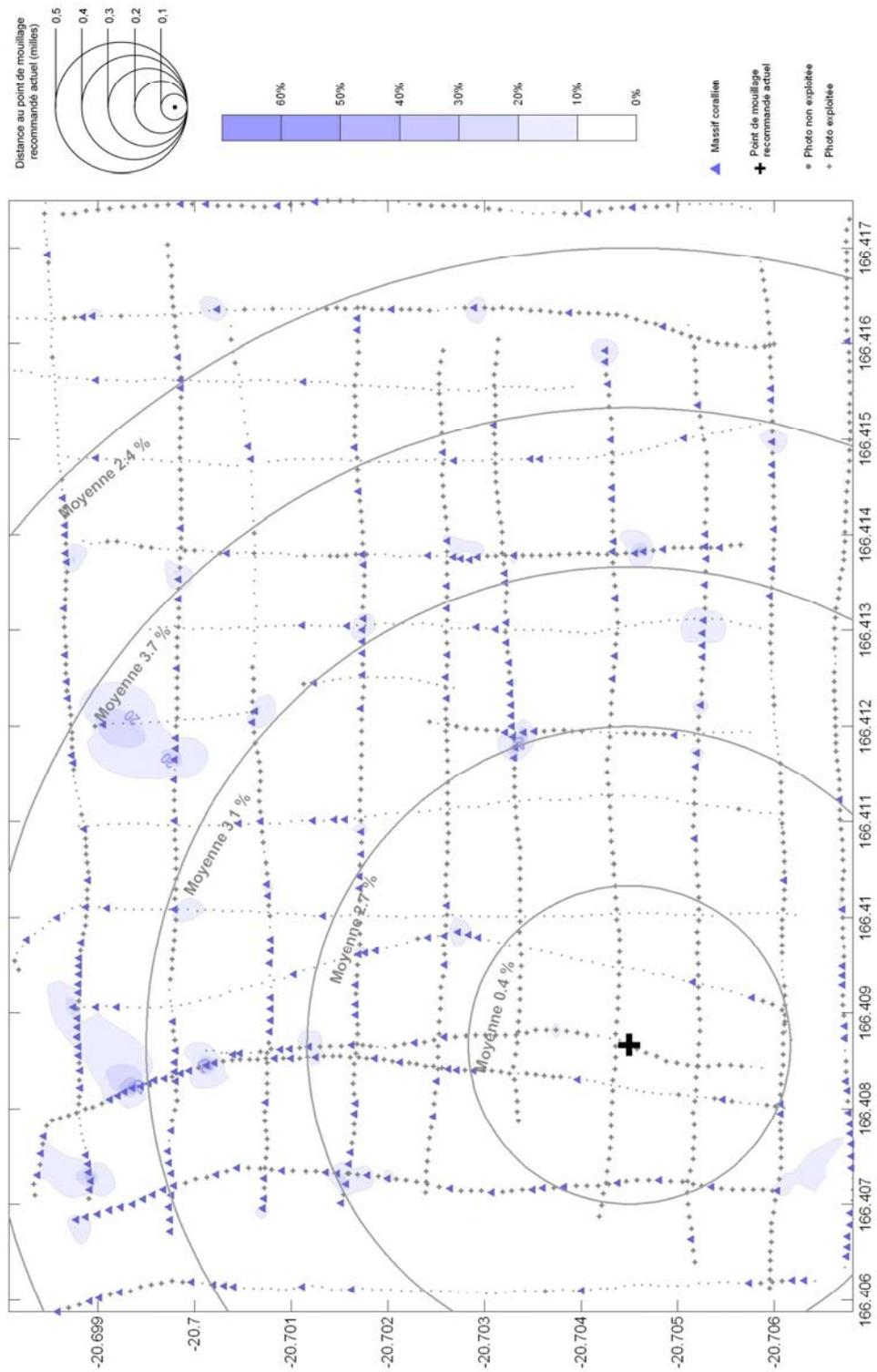


Fig. 6. % de recouvrement - Corail mort

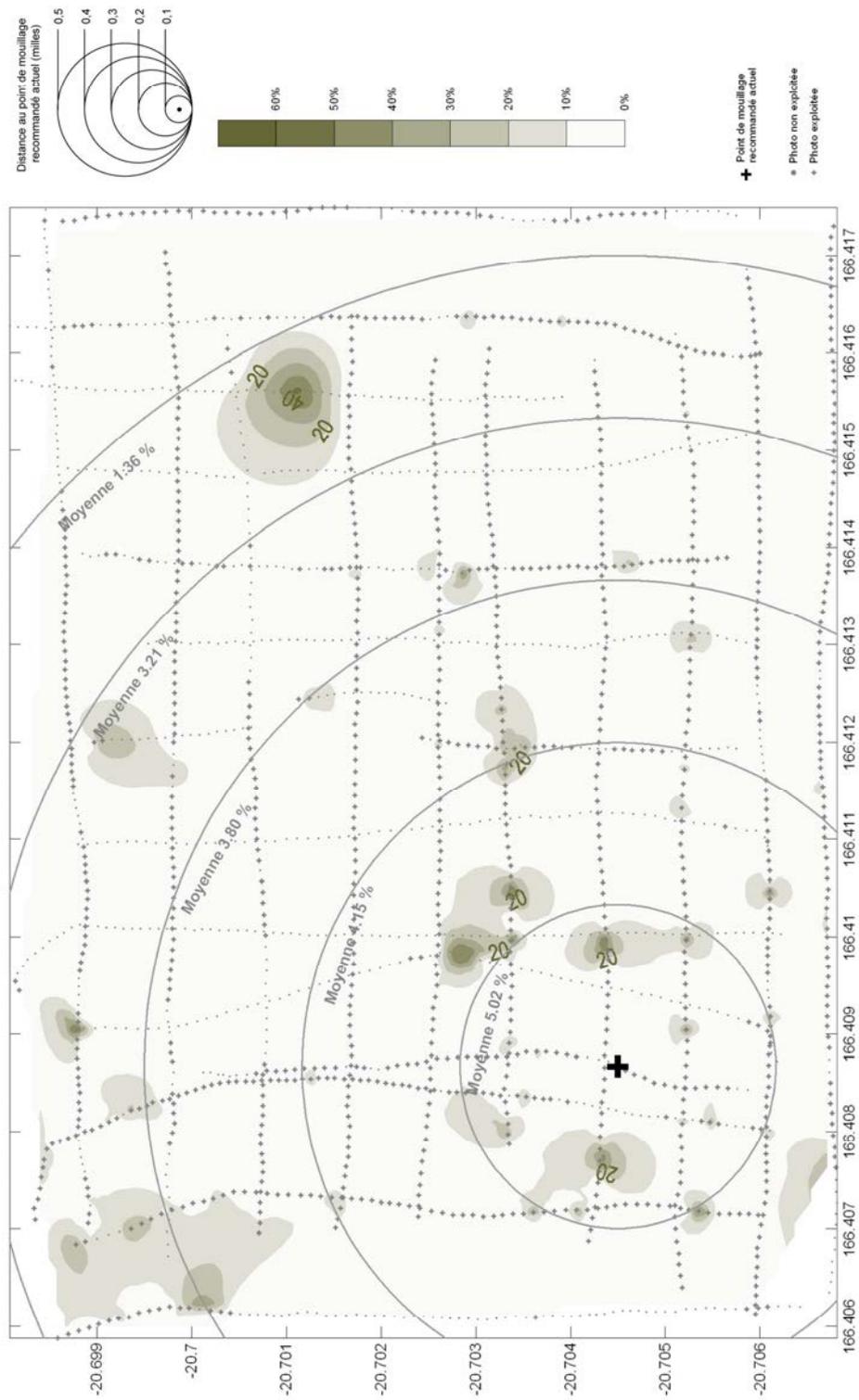


Fig. 7. % de recouvrement - Débris 0-20 cm

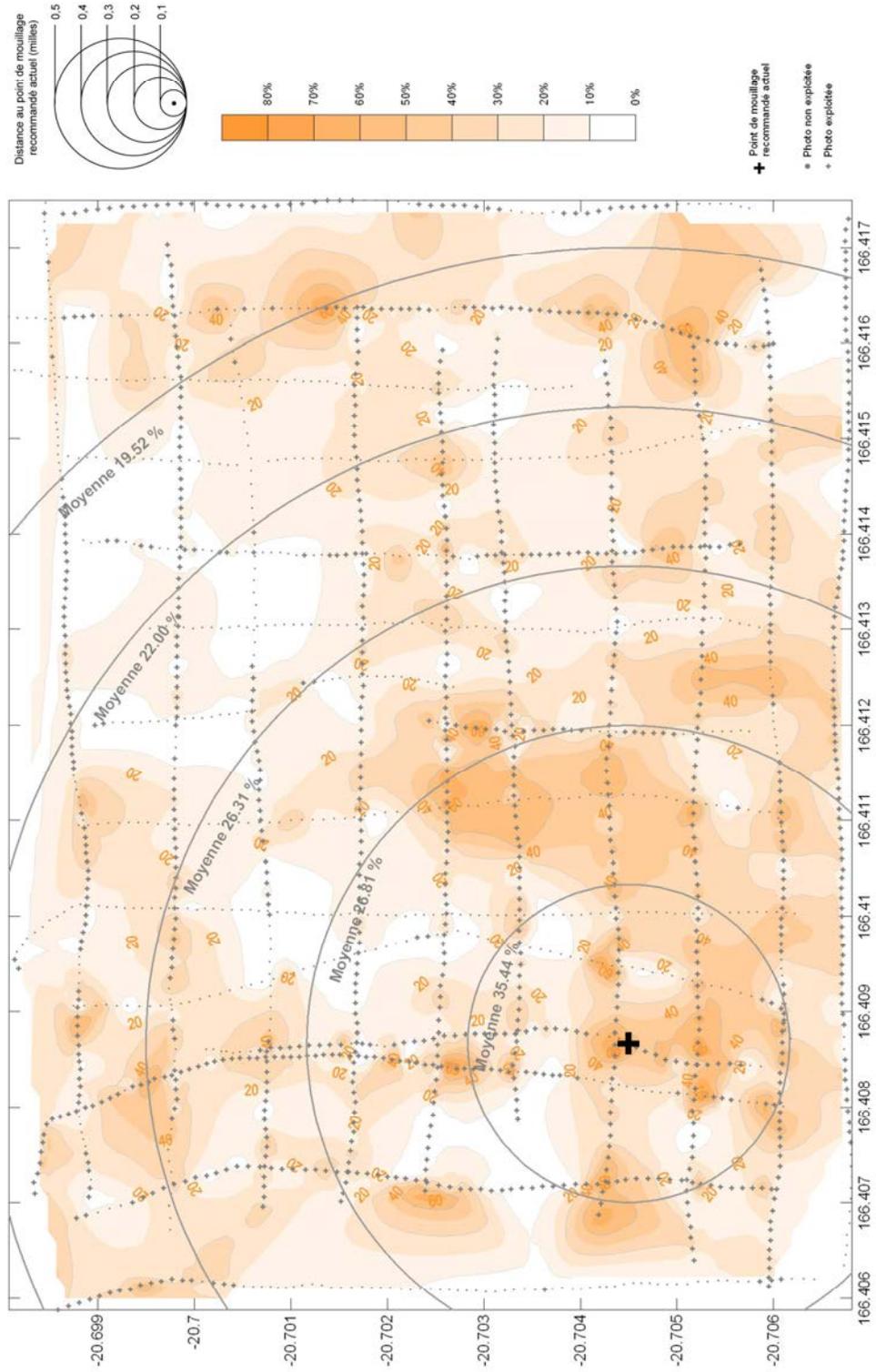


Fig. 8. % de recouvrement - Débris 20- 50 cm

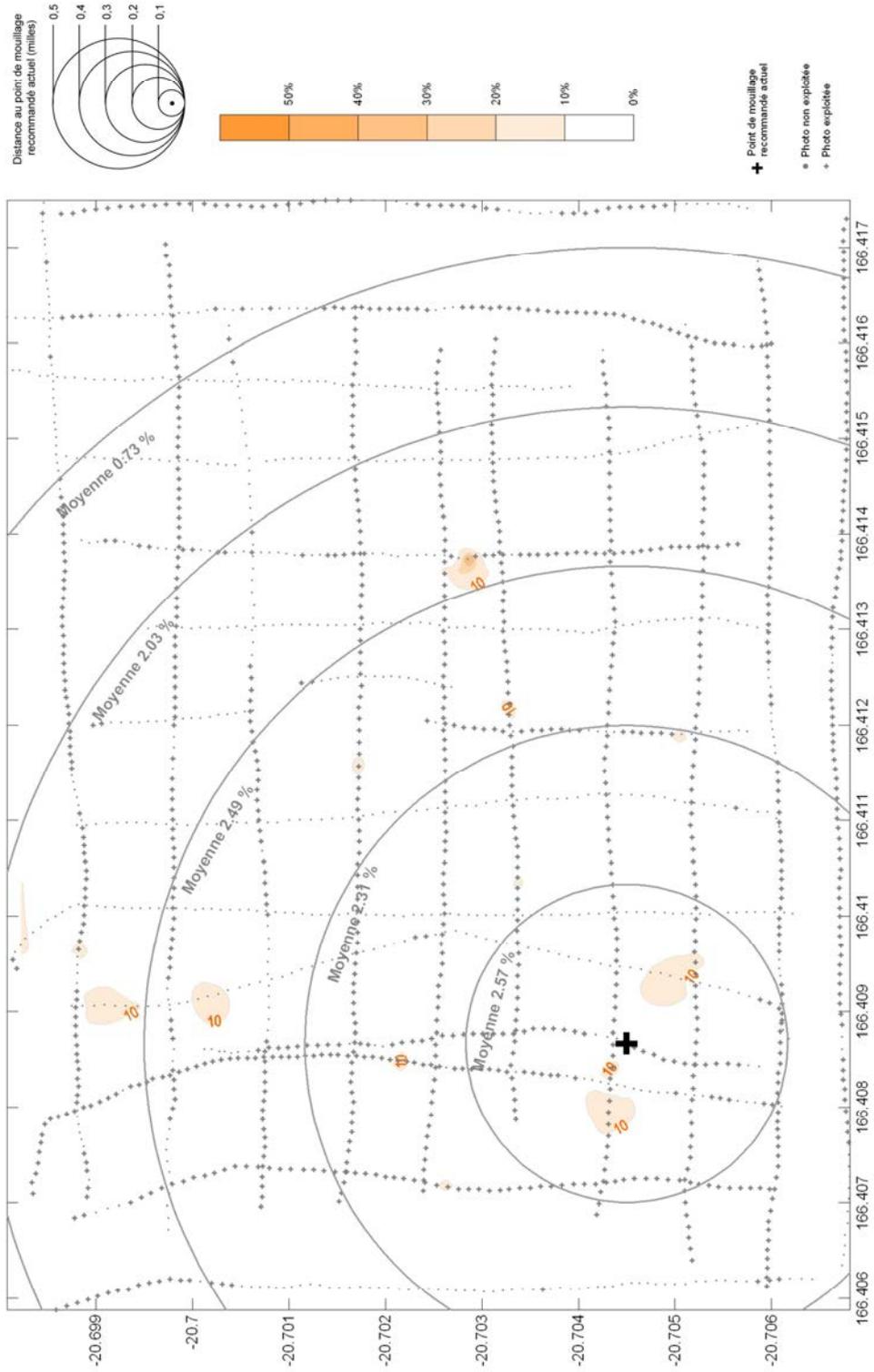
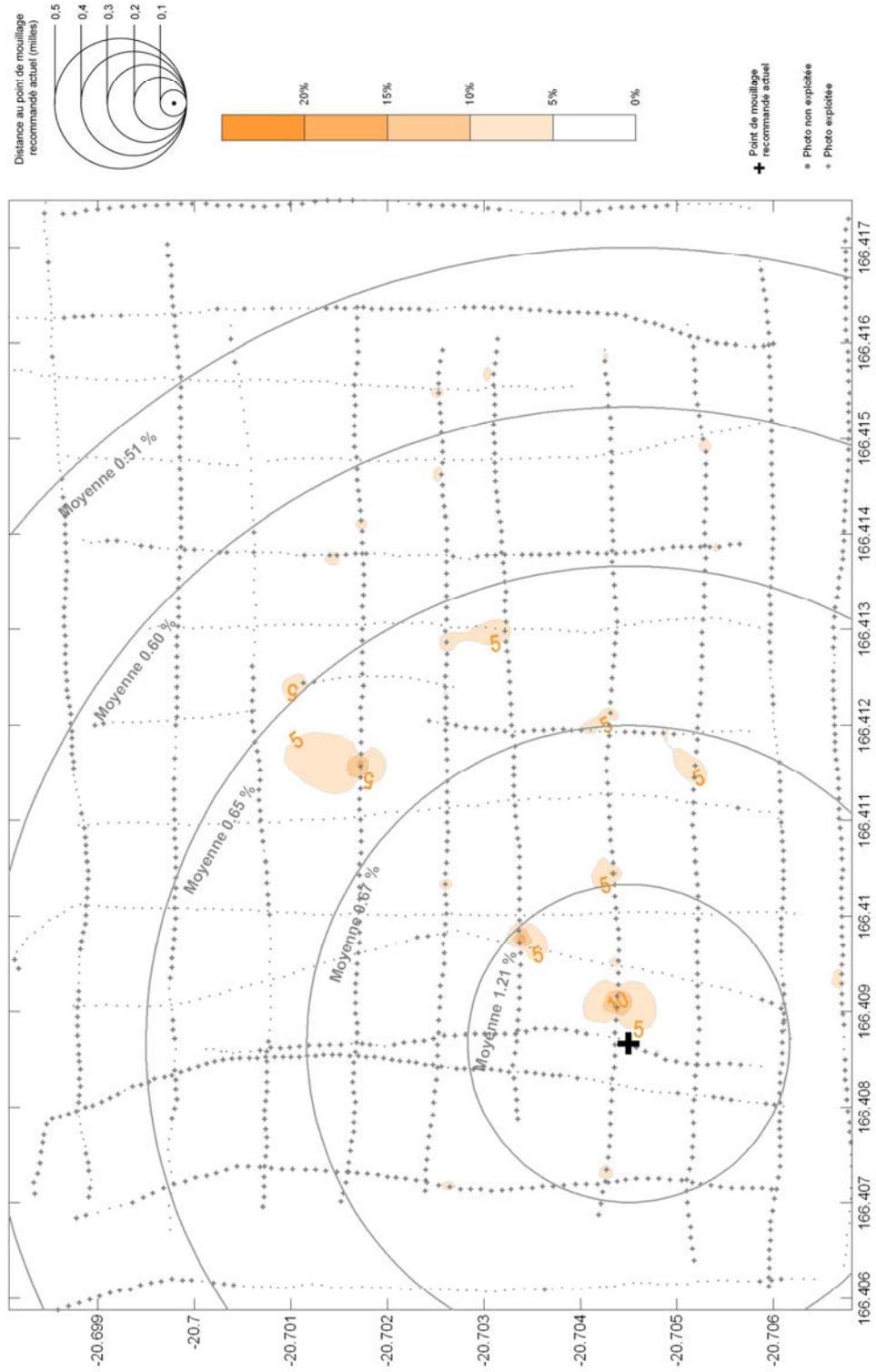


Fig. 9. % de recouvrement - Débris > 50 cm



4. Discussion

4.3. Bilan des impacts du mouillage des paquebots à Ouvéa

Malgré une perte d'information sur 41 % des séquences, les observations vidéo ont permis de décrire l'habitat sur la zone d'étude à l'aide de différents paramètres : présence/absence de massifs coralliens, couverture du corail vivant, du corail mort en place, de débris de différentes catégories de taille, de sable et de dalle rocheuse.

Cinq classes de distance au point de mouillage recommandé ont été définies pour analyser la distribution de ces paramètres dans la zone d'étude : moins de 0,1 mille, 0,1 à 0,2 mille, 0,2 à 0,3 mille, 0,3 à 0,4 mille, et 0,4 à 0,5 mille (Fig. 5 à 9 et Fig. 10). Cette distribution n'est pas aléatoire (test non paramétrique de Kruskal-Wallis, $p < 0.01$ pour tous les paramètres, à l'exception des débris de taille > 50 cm). En particulier, la couverture de corail vivant et la fréquence de massifs coralliens de plus de 1 m sont proportionnelles à la distance au point recommandé jusqu'à 0,4 mille, et presque nulles à moins de 0,1 mille. La couverture de corail mort et des débris de 0 à 50 cm suivent une tendance inverse. La présence de blocs de coraux est supérieure à moins de 0,1 mille du point de mouillage recommandé, et est observée de manière constante à plus grande distance.

Ces tendances combinées permettent de délimiter approximativement une zone particulièrement pauvre en corail vivant et massifs coralliens, et où les débris sont plus abondants. Cette zone s'étend sur près de 15 ha, à 0,1 mille du point recommandé dans les secteurs nord, sud et ouest, et 0,15 mille vers l'est environ. Elle présente des caractéristiques typiques de dégradations majeures des récifs coralliens par des navires de fort tonnage (White et al. 2007). Ces observations concordent par ailleurs avec les déclarations des pilotes maritimes, selon lesquels le respect des consignes d'ancrage se traduirait depuis 2007 par des mouillages de moins en moins fréquents à plus de 100 m (0,05 mille) du point recommandé.

Les tendances observées sur les paramètres du milieu confirment donc que :

1) les impacts des nacres et des chaînes de mouillage ont été intenses à moins de 0,1 mille du point de mouillage recommandé actuel (voire 0,15 mille à l'est), sur près de 15 ha. Elles y ont entraîné des dégradations significatives des massifs coralliens, réduits pour la plupart à l'état de blocs et de débris plus petits.

2) les impacts diminuent progressivement jusqu'à 0,4 à 0,5 mille de ce point, distance à partir de laquelle l'étude ne permet pas de déterminer des dégradations significatives de la même origine. Les récifs coralliens de cette région périphérique (environ 70 ha) présentent globalement un état moins dégradé, les impacts étant plus localisés.

3) L'ampleur de ces dégradations (nature et étendue) ne peut être négligée dans une perspective de gestion de la zone maritime d'Ouvéa, de par les risques écologiques et halieutiques engendrés (faible réversibilité des impacts sur l'écosystème, destruction de zones de pêche de subsistance, augmentation du risque de ciguatera, etc.).

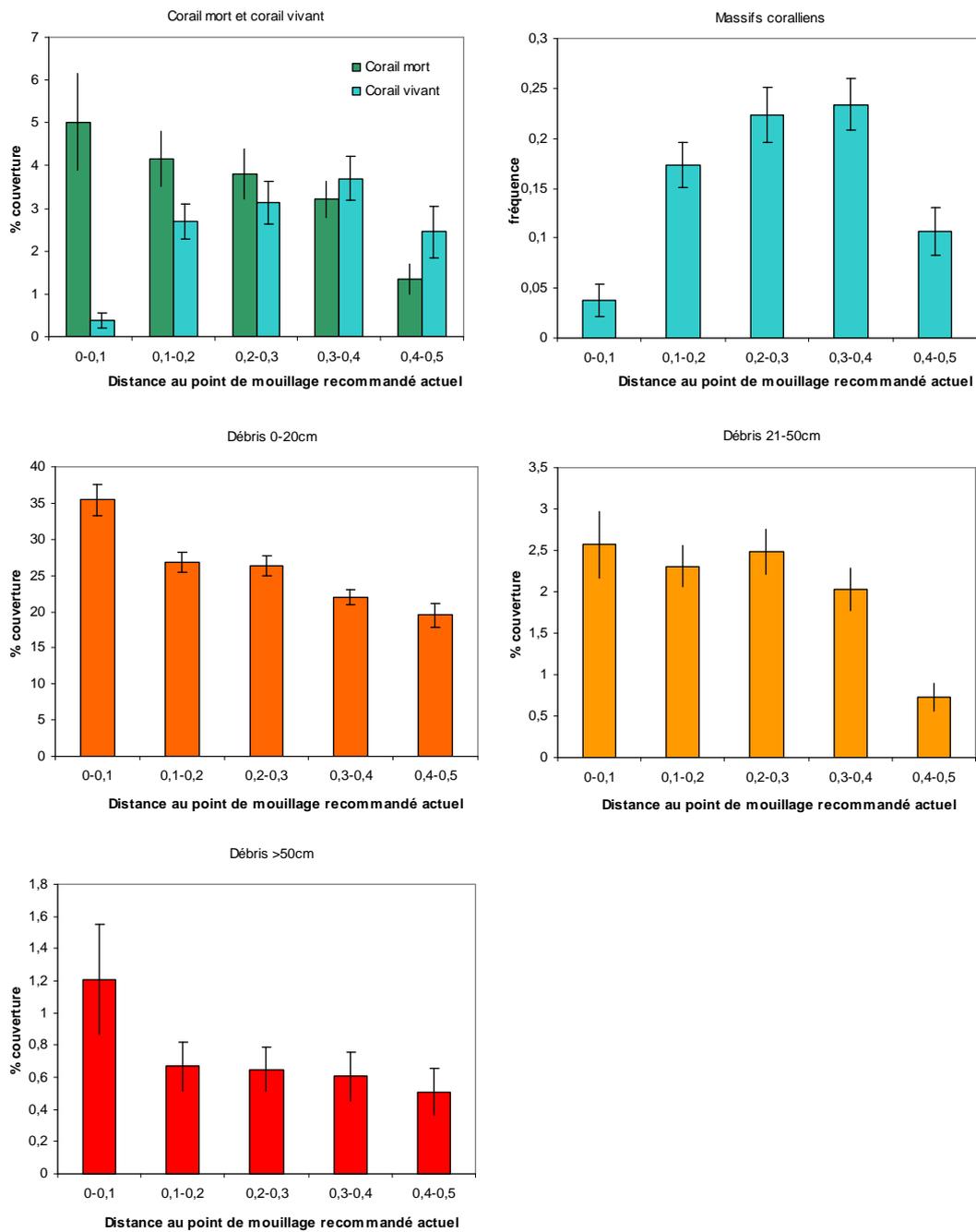


Fig. 10. Evolution des paramètres de l'habitat en fonction de la distance au point de mouillage recommandé

3.4. La définition d'une zone de mouillage réglementaire à Ouvéa ?

Les observations montrent que des mouillages sporadiques ont eu lieu en dehors de la zone fortement impactée, sans qu'il ne soit possible de dater ces événements par cette étude. En l'absence d'un changement des pratiques actuelles, il est donc probable que les dégradations de la zone périphérique se poursuivent, même à un rythme lent. A terme, cette évolution serait comparable à une extension progressive de la zone fortement impactée.

Celle-ci, qui s'étend sur une quinzaine d'hectares, pourrait constituer une « zone sacrifiée » à réglementer. Un certain nombre de questions et incertitudes restent cependant posées, parmi lesquelles on peut citer :

- 1) Les dimensions de cette zone très dégradée sont-elles suffisantes pour le mouillage de paquebots de croisière ? La zone périphérique, bien que d'ores et déjà impactée par les précédents mouillages, ne présente pas en effet le même état de dégradation général.
- 2) Est-il envisageable de délimiter une zone « sacrifiée » plus vaste que la zone fortement impactée actuelle ?
- 3) Comment assurer que les navires ne mouilleront pas en dehors de la zone réglementaire (compte tenu de ses dimensions) ? L'installation d'un système de suivi des navires en temps réel (par VHF avec station de réception à terre par exemple, comme cela a pu être proposé dans d'autres zone naturelles préservées) est-il envisageable, pour enregistrer le positionnement des navires et sanctionner les éventuelles infractions ?
- 4) La régénération des colonies coralliennes, a priori possible sur le long terme, serait cependant compromise par la poursuite des mouillages sur le site.
- 5) L'apparition de phénomènes de ciguatéra n'est pas à exclure, compte tenu de l'ampleur des impacts. Ce risque serait accru en cas d'extension de la surface des dégradations. En effet, dans la province des îles, deux des trois îles principales (Lifou et Maré) sont reconnues pour avoir des zones fortement toxiques. Ces zones ont été déterminées par les habitants des tribus et sont souvent corrélables à des zones coralliennes fortement dégradées (Laurent et al. 2008). Un suivi des zones très impactées à Ouvéa semble donc pertinent à mettre en place sur cette question.

Cette étude apporte des données objectives les différentes parties prenantes sur l'état des récifs coralliens dans la zone de mouillage actuelle des paquebots à Ouvéa, et sur les questions sous-jacentes à l'utilisation d'une zone « sacrifiée ». Elles pourront être complétées par la seconde étude conduite sur l'île de Lifou, exploitée depuis les années 1990 par les croisiéristes, afin de définir un cadre de gestion de l'espace maritime qui minimise les impacts des activités de croisière sur les écosystèmes coralliens de Nouvelle-Calédonie, en particulier sur les sites inscrits à l'UNESCO.

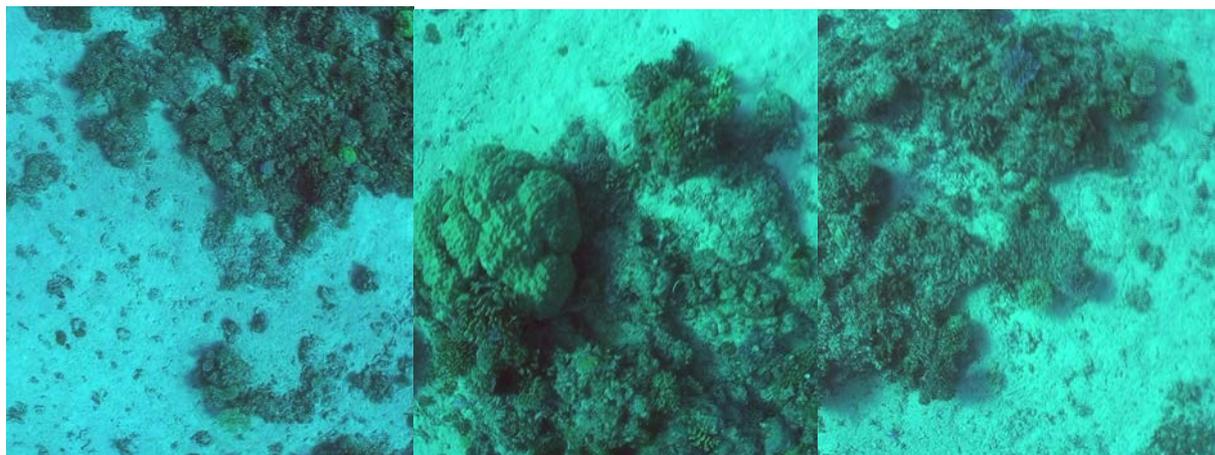
Remerciements

Nous remercions Gilles Hervé (Ifremer) pour la mise à disposition de son temps et de son matériel vidéo pour la campagne de terrain, les plongeurs de l'IRD (Christophe Peignon et Eric Folcher), Sandrine Job pour l'assistance au traitement des images, et les pilotes d'Ouvéa (Maurice Aema et le club de plongée Moi Palmo).

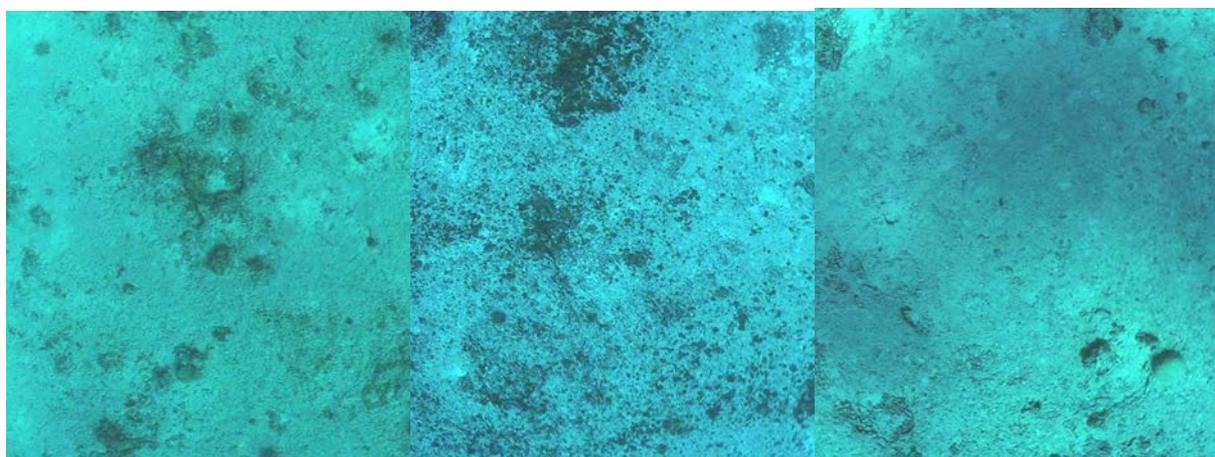
Références citées

- Burke L., Selig E., Spalding M. (2001) Reefs at risk in Southeast Asia. World Resources Institute, Washington D.C., Etats-Unis
- Denny C.M., Babcock R.C. (2004) Do partial marine reserves protect reef fish assemblages? *Biol Conserv* 116:119–129
- Dinsdale E.A., Harriott V.J. (2004) Assessing anchor damage on coral reefs: A case study in selection of environmental indicators. *Environmental Management* Vol. 33, No. 1, pp. 126–139
- Laurent D., Kerbrat A.S., Taiana Darius H., Girard E., Golubic S., Benoit E., Sauviat M.P, Chinain M., Molgo J., Pauillac S. (2008) Are cyanobacteria involved in ciguatera fish poisoning-like outbreaks in New Caledonia? *Harmful Algae* 7:827–838
- Maynard J.A. (2008) Severe anchor damage to *Lobophyllia variegata* colonies on the Fujikawa Maru, Truk Lagoon, Micronesia. *Coral Reefs* 27: 273-273
- McClanahan T.R., Marnane M.J., Cinner J.E., et al. (2006) A comparison of marine protected areas and alternative approaches to coral-reef management. *Curr Biol* 16:1408–1413
- Parsons D.M., Shears N.T., Babcock R.C., Haggitt T.R. (2004) Fine-scale habitat change in a marine reserve, mapped using radio-acoustically positioned video transects. *Marine and Freshwater Research* 55:257-265.
- Tratalos J.A., Austin T.J. (2001) Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation* 102:67–75
- Thrush S., Dayton P. (2002) Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity, *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 33:449–473.

Annexe : Exemples de photographies des habitats



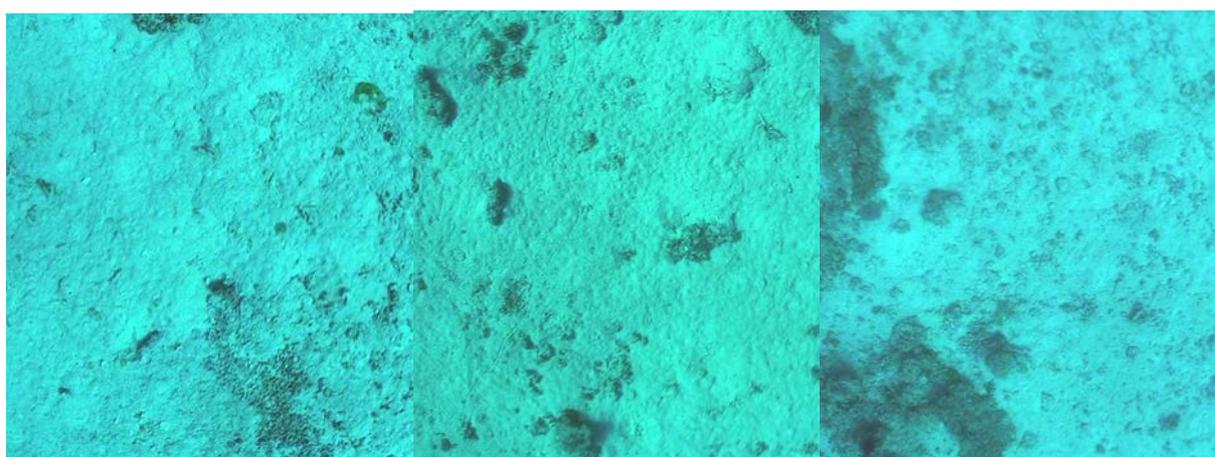
Massifs coralliens > 1 m (corail vivant et corail mort en place)



Dalle

Dalle

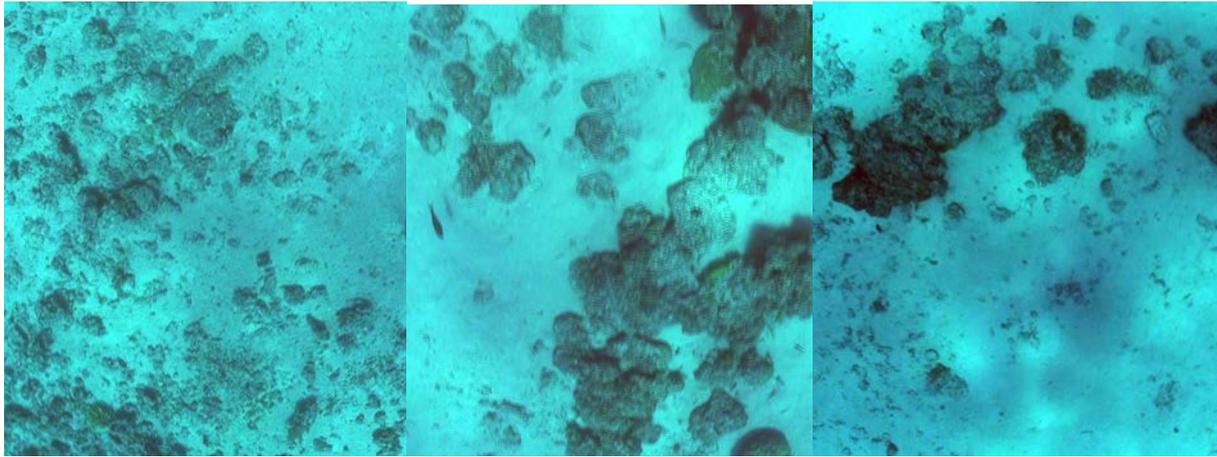
Sable



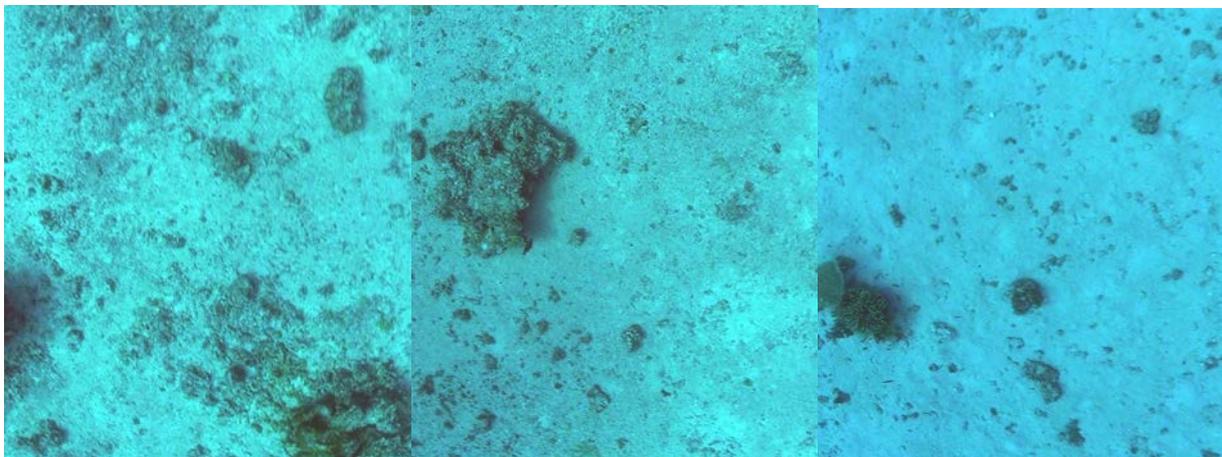
Sable, débris 0-20 cm

Sable, débris 21-50 cm

Sable, débris 0-20, 21-50 et > 50 cm



Forte couverture de débris coralliens > 50 cm (blocs)



Dalle, débris 0-20, 21-50 et > 50 cm

Dalle, débris 0-20, 21-50 et > 50 cm

Sable, débris 0-50, corail vivant