



ANNEXE 8 au Cerfa N°14734*03

Sélection d'un site pour l'implantation d'une unité expérimentale « Démonstrateur de Production d'électricité Houlomoteur Immergé » (DPHI) au large d'Anse-Bertrand

par

Claude Bouchon, Yolande Bouchon-Navaro, Sébastien cordonnier

I – Préambule

Ce rapport rend compte d'une mission de terrain, réalisée le 14 mai 2021, dans le but de sélectionner et caractériser un ou plusieurs sites pour l'implantation sous-marine temporaire d'une unité expérimentale de production électrique houlomotrice immergée (DPHI), au large d'Anse-Bertrand.

Les contraintes étaient les suivantes :

- zone située en dehors du secteur blanc du feu d'atterrissage du port d'Anse-Bertrand ; (décision de la commission nautique locale du 24 mars 2021) (Fig. 1) ;
- profondeur localisée entre -8 et -10 m ;
- surface horizontale afin d'y implanter de façon stable le Démonstrateur de Production d'électricité Houlomoteur Immergé (DPHI) ;
- impact minime sur l'environnement marin.



Figure 1 : emplacement du secteur blanc du feu d'atterrissage du port d'Anse-Bertrand.

II – Techniques d'étude

Les fonds au large d'Anse-Bertrand sont constitués par une dalle calcaire d'origine récifale plongeant, avec une inclinaison modérée, vers le large. Cette dalle présente un relief moutonné et ses dépressions sont occupées par des sédiments détritiques, débris coralliens près de la côte et sable plus au large. Depuis sa ré-immersion, il y a environ 5000 ans, cette dalle a été recolonisée par des organismes marins, mais très peu par les coraux. La figure 2 illustre cette organisation géomorphologique.

Deux zones sédimentaires satisfaisant aux contraintes imposées par l'implantation de l'unité houlomotrice ont été localisées (Fig. 2). Leur environnement a fait l'objet d'une étude réalisée en plongée sous-marine.



Figure 2 : vue aérienne du site d'étude. Les zones sédimentaires sélectionnées sont détournées en orange.

Les communautés benthiques ont été étudiées par des relevés portant sur l'inventaire la macroflore et la macrofaune épigée¹. Ceux-ci ont été réalisés dans les zones sédimentaires, ainsi que sur les zones rocheuses avoisinantes qui constituent deux habitats différents. La macroflore et la macrofaune² benthique rencontrées ont été recensées au niveau spécifique

¹ Épigé : vivant à la surface des sédiments ou de la roche.

² Macroflore et macrofaune : par définition il s'agit des organismes visibles à l'œil nu et directement observables en plongée. Ils s'opposent à la microflore et à la microfaune. Par convention la limite entre les deux groupes est de l'ordre du millimètre, mais varie selon les auteurs.

dans la mesure où cela pouvait être réalisé visuellement en plongée. Les relevés ont été d'ordre semi-quantitatif, dans le but de pouvoir hiérarchiser les organismes selon une échelle d'abondance-dominance. Cette technique consiste à affecter aux espèces observées une cotation de 1 à 5 en fonction de leur dominance estimée (en nombre d'individus et en surface de substrat occupé). Cette méthode est bien adaptée à l'investigation, en un temps limité, d'une zone étendue et de structure complexe (« *roving technique* »). Elle est également appropriée à l'étude de communautés complexes, comprenant de nombreux groupes taxinomiques, pour lesquels il est difficile de définir la notion d'individu (Spongiaires, Bryozoaires, Tuniciers, gazon algal...).

Pour ce qui concerne les communautés de poissons, des relevés d'ordre quantitatif ont été réalisés. La technique consiste à parcourir en plongée la zone d'étude et à effectuer un relevé des espèces observées en pleine eau ou bien dans les anfractuosités rocheuses (Bouchon-Navaro Y., 1997). Les espèces sont toutes recensées au fur et à mesure du relevé qui doit durer au minimum 30 minutes afin de garantir un bon échantillonnage (Bouchon-Navaro *et al.*, 2000). Chaque poisson rencontré est placé dans l'un des groupements suivants : groupe 1 : 1 individu, groupe 2 : 2 individus, groupe 3 : 3 à 5 individus, groupe 4 : 6 à 10, groupe 5 : 11 à 30, groupe 6 : 31 à 50, groupe 7 : 51 à 100, groupe 8 : 100 à 300 individus ; Groupe 9, de 301 à 500 ; Groupe 10, de 501 à 1000. La médiane de chaque groupe est ensuite utilisée pour déterminer le nombre total d'individus dans chaque relevé. De la même façon, l'estimation de la taille des poissons est obtenue en utilisant des classes de taille définies de 5 en 5 cm (classe 1 : individus de taille inférieure à 5 cm ; classe 2 : 5 - 10 cm ; classe 3 : 10 - 15 cm ; classe 4 : 15 - 20 cm) puis de 10 en 10 cm (20 - 30 cm, 30 - 40 cm, 40 - 50 cm). Au-delà de 50 cm, la taille du poisson est estimée directement. Cette technique de relevé permet d'établir la biodiversité de la communauté de poissons, l'abondance relative de différentes espèces, en effectifs et en tailles, ainsi que la structure trophique de cette communauté.

Pour ce faire, les habitudes alimentaires des poissons récifaux de la Région Caraïbe sont aujourd'hui bien connues (Randall, 1967 ; Carr et Adams, 1973 ; Brook, 1977 ; Heck et Weinstein, 1989 ; Claro, 1994...). Des données sur ces régimes en provenance de la littérature ont été utilisées pour analyser la structure trophique des communautés ichthyologiques étudiées.

Afin d'étudier la structure trophique de la communauté, six catégories trophiques principales ont été distinguées (Bouchon-Navaro, 1997) :

- les poissons herbivores qui consomment des algues et (ou) des Phanérogames marines ;
- les omnivores qui ingèrent à la fois des algues et des Invertébrés (plus de 10 % d'algues dans leur régime) ;
- les planctonophages carnivores qui se nourrissent de zooplancton ;
- les poissons carnivores de premier ordre (carnivores 1) qui mangent principalement des Invertébrés benthiques ;
- les carnivores de deuxième ordre (carnivores 2) qui ajoutent des poissons à ce régime ;
- enfin, les piscivores qui consomment essentiellement d'autres poissons (plus de 80 % dans leur régime).

Le terme général de "carnivores" inclut les quatre dernières catégories.

3 – Résultats

Les deux dépressions sédimentaires visitées sont respectivement situées à -10 m pour celle localisée la plus à l'ouest et à - 8,5 m pour celle située plus à l'est (Fig. 2). La première mesure approximativement 185 m². De forme grossièrement triangulaire, ses plus grandes dimensions sont de 65 m par 30 m. La seconde, mesure environ 150 m². De forme « patateïde », ses plus grandes dimensions sont 50 m par 25 m. La dalle rocheuse environnante domine le fond de ces dépressions de 1 m à 1,5 m. Celui-ci est occupé par du sable fin bien calibré d'origine récifale. Il est parcouru par un réseau de « *ripple marks* », ondulations à la surface du sédiment créées par la houle (Photos 1 à 4).

3.1 - Les communautés benthiques

Les résultats concernant les inventaires portant sur la macroflore et de la macrofaune benthiques font l'objet du tableau 1 en annexe. Son examen montre qu'aucun macro-organisme benthique, végétal ou animal, n'a été recensé vivant sur le sable des deux dépressions sédimentaires. Les seuls organismes observés sont des algues et débris d'algues, arrachées par la houle aux fonds rocheux environnants, qui y sont déposés en épave. L'absence de macro-organismes sur ces fonds sableux provient probablement du fait que le site est situé en mode hydrodynamique agité, voire battu. La houle doit remanier et remettre en suspension régulièrement le sable occupant le fond des dépressions sédimentaires, empêchant ainsi leur colonisation par une flore et une faune pérennes.

Sur la dalle rocheuse qui entoure les deux dépressions sédimentaires, 55 macro-organismes ont été recensés. La communauté benthique est largement dominée par les Algues, ce qui constitue un faciès de dégradation des récifs coralliens dans les Antilles. Toutefois, ce peuplement algal est pauvre et composé par seulement une dizaine d'espèces d'Algues. Trois espèces dominent : *Halimeda tuna*, *Dictyota cf. pulchella* et *Dictyopteris jolyana* (Photos 4 et 5). Le groupe animal dominant est constitué par les éponges représentées par 13 espèces. Celles-ci sont très dispersées sur les fonds. Ce type d'habitat devrait normalement abriter un peuplement de coraux diversifié et abondant. Treize espèces de Scléactiniaires et une d'Hydrocoralliaires ont été recensées, ce qui confère à ce site une biodiversité corallienne faible. Par ailleurs, les colonies coralliennes sont de petites tailles et ont une répartition au fond très dispersée. Aucune des espèces protégées de coraux au niveau national n'est présente sur le site³. Les autres grands groupes animaux sont représentés par un petit nombre d'espèces également peu abondantes. L'absence ou la pauvreté particulière de certains de ces groupes, tels que les Crustacés ou les Mollusques, témoignent également de la pauvreté de ces fonds. Par ailleurs, l'abondance de cyanobactéries à la surface de la roche constitue un indice d'une pollution par la matière organique, peut-être due à des rejets d'eaux usées en provenance de l'agglomération d'Anse-Bertrand.

La faible biodiversité de la communauté benthique de ces fonds rocheux peut être due à plusieurs causes : 1) une lente dégradation de la communauté corallienne qui devait l'occuper par le passé sous l'action de la prolifération des algues (phénomène général dans

³ Arrêté ministériel du 25 avril 2017 fixant la liste des coraux protégés en Guadeloupe, en Martinique et à Saint-Martin et les modalités de leur protection (NOR: DEVL1710040A).

les Antilles) ; 2) le manque d'anfractuosités à la surface de cette dalle calcaire arasée qui limite les abris disponibles pour les invertébrés mobiles (Mollusques, Crustacés, vers...) et les poissons ; 3) le mode hydrodynamique important qui caractérise ce site constitue un facteur de sélection drastique de la flore et de la faune entraînant un appauvrissement de la biodiversité. Ces différents facteurs peuvent agir en synergie.

3.2 - Les communautés ichthyologiques

Le peuplement ichthyologique de la zone prospectée peut être considéré comme très pauvre. Seules 16 espèces de poissons au total, appartenant à 10 familles, ont été recensées (tableau II en annexe). Une seule espèce a été observée sur les fonds de sable. Il s'agit d'un banc de Carangidae (*Decapterus macarellus*) qui est un poisson pélagique côtier non inféodé à ce type de fond. Quinze espèces vivent sur la dalle rocheuse des dépressions sédimentaires.

Sur ces fonds de roche, la densité en poissons est très faible. Cela peut être relié à la rareté des anfractuosités et cavités rocheuses pouvant offrir un abri aux poissons. Les espèces dominantes en nombre appartiennent aux Labridae (surtout *Thalassoma bifasciatum*) et aux Acanthuridae (*Acanthurus tractus*). Ces deux espèces représentent respectivement 57 % et 12 % du nombre total d'individus recensés. Les autres espèces ne sont représentées que par quelques rares individus (Tab. II).

La répartition des poissons en différentes classes de taille (Fig. 3) fait apparaître la dominance quantitative des poissons de petite taille (67 % des poissons de taille < à 15 cm), dont 53 % correspondant à des poissons juvéniles (individus de taille < 5 cm), appartenant en majorité à *Thalassoma bifasciatum*. Un seul individu de taille supérieure à 30 cm a été recensé. Il s'agit de *Gymnothorax moringa* (Muraenidae).

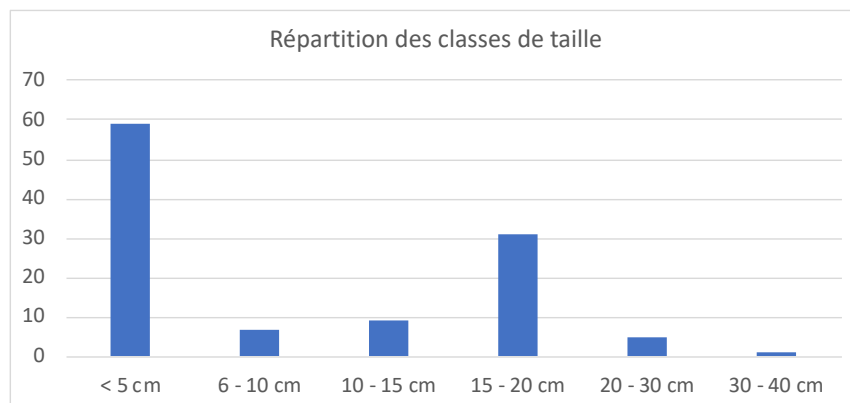


Figure 3 : Répartition en différentes classes de taille des poissons de la dalle rocheuse.

Pour ce qui concerne la répartition des poissons en groupes trophiques reflétant la structure de la chaîne alimentaire, le peuplement de cette zone est dominé par les carnivores de premier ordre (surtout représentés par les Labridae) et les herbivores (essentiellement les Acanthuridae), aussi bien en nombre d'espèces qu'en effectifs (Fig. 4). Il faut souligner l'absence de poissons planctonophages dans cet habitat, ainsi que la rareté des prédateurs de haut niveau (carnivores de niveau 2 et piscivores). De même, il faut souligner la quasi-absence

des poissons herbivores appartenant aux Scaridae (poissons-perroquets). Les poissons-perroquets de grande taille sont des poissons ciblés par la pêche (professionnelle et sous-marine) et leur absence témoigne d'une éventuelle surexploitation. Ces résultats témoignent d'un déséquilibre de la structure trophique de la communauté de poissons dans cette zone.

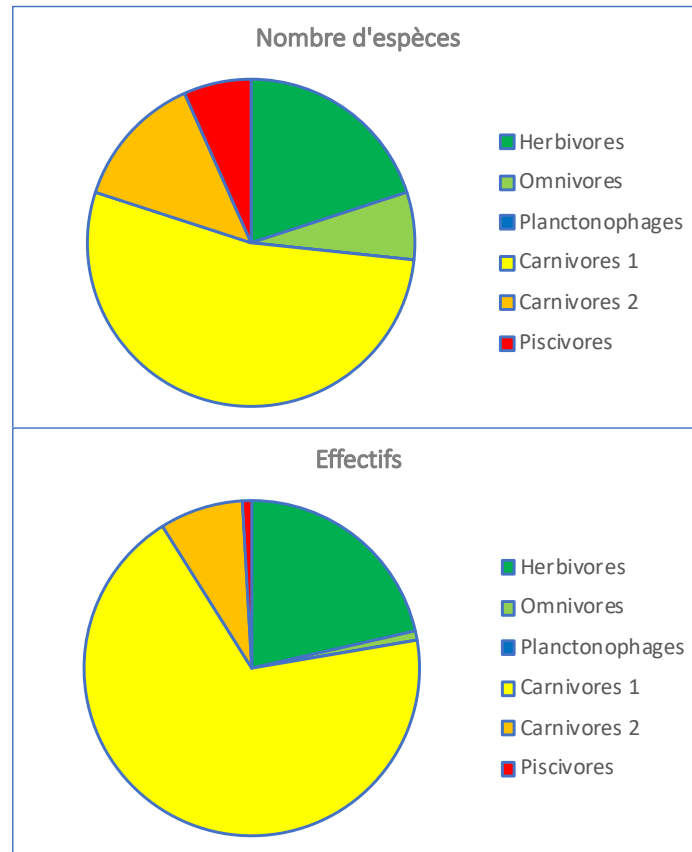


Figure 4 : Importance relative des différents groupes trophiques du peuplement de poissons de la dalle rocheuse.

En conclusion, la faune ichthyologique de la zone prospectée s'est révélée très pauvre aussi bien en nombre d'espèces qu'en effectifs. De plus, la faible taille de la plupart des poissons résidents est probablement due à la rareté des abris ainsi qu'à une dégradation de la communauté benthique qui leur fournit leurs ressources alimentaires.

4 – Conclusion générale

Le site étudié dispose de deux zones sédimentaires tout à fait adaptées à l'installation d'une ou plusieurs unités expérimentales houlomotrices DPHI.

L'absence de communauté végétale ou animale pérenne sur ces fonds de sable garantit l'innocuité du dispositif expérimental sur cet habitat.

De même, l'installation d'une ou plusieurs unités expérimentales DPHI au centre des zones de sable met à l'abri de perturbations éventuelles les communautés marines des fonds rocheux périphériques. Celles-ci présentent une biodiversité faible et leur état actuel est peu susceptible d'être dégradé par l'expérimentation prévue.

5 – Références bibliographiques

- Bouchon-Navaro Y. 1997. Les peuplements ichtyologiques récifaux des Antilles. Distribution spatiale et dynamique temporelle. Doctorat de l'Université des Antilles et de la Guyane, 244 pp.
- Bouchon-Navaro Y., Bouchon C., Louis M., 2000. Variabilité des inventaires d'espèces mobiles : exemple des poissons récifaux. pp.55-72 In : Guillaume M. (ed.). L'inventaire ZNIEFF-Mer dans les DOM : bilan méthodologique et mise en place. MNHN / IEGB / SPN / BIMM. Coll. Patrimoines naturels 42, 197 pp.
- Brook I.M., 1977. Trophic relationships in a seagrass community (*Thalassia testudinum*) in Card Sound, Florida. Fish diets in relation to macrobenthic and cryptic faunal abundance. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 106 (3) : 219-229.
- Carr W.E.S., Adams C.A., 1973. Food habits of juvenile marine fishes occupying seagrass beds in the estuarine zone near Crystal River, Florida. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 3 : 511-540.
- Claro R. (ed.) 1994. Ecología de los peces marinos de Cuba. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Mexique, 525 pp.
- Heck K.L., Weinstein M.P., 1989. Feeding habits of juvenile reef fishes associated with Panamian seagrass meadows. *Bull. Mar. Sci.*, 45(3): 629-636.
- Randall J.E. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud. Trop. Oceanogr.*, 5 : 665-847.

ANNEXES

Tableau I : Distribution semi-quantitative de la macroflore et de la macrofaune benthiques sur le site étudié.

Espèces	Dalle rocheuse	Fonds de sable
CYANOPHYTA		
<i>Hydrocoleum coxineum</i>	2	
Cyanobactérie sp.	1	
ALGAE		
<i>Neomeris annulata</i>	1	
<i>Halimeda tuna</i>	4	
<i>Udotea flabellum</i>	1	
<i>Avrainvillea cf. nigricans</i>	1	
<i>Dictyota cf. pulchella</i>	4	
<i>Dictyopteris jolyana</i>	2	
<i>Sargassum fluitans</i>	1	
<i>Galaxaura oblongata</i>	1	
<i>Liagora farinosa</i>	1	
PORIFERA		
<i>Clathria cf. venosa</i>	1	
<i>Ectyoplasia ferox</i>	2	
<i>Iotrochota birotulata</i>	2	
<i>Amphimedon compressa</i>	2	
<i>Xetospongia muta</i>	3	
<i>Cibrochalina infudibulum</i>	1	
<i>Aplysina fistularis</i>	5	
<i>Aplysina cauliformis</i>	2	
<i>Aiolochroia crassa</i>	1	
<i>Plakortis angulospiculatus</i>	1	
<i>Monanchora barbadensis</i>	1	
<i>Desmapsamma anchorata</i>	1	
<i>Ptilocaulis walpersi</i>	1	
HYDROCORALLIA		
<i>Millepora alcicornis</i>	2	
OCTOCORALLIA		
<i>Gorgonia ventalina</i>	1	
<i>Plexaura cf. nutans</i>	1	
<i>Eunicea mammosa</i>	1	
<i>Pterogorgia citrina</i>	1	
<i>Pseudoplexauraella sp.</i>	1	
SCLERACTINIA		
<i>Stephanocoenia intersepta</i>	1	
<i>Madracis decactis</i>	1	
<i>Agaricia agaricites</i>	1	
<i>Siderastrea siderea</i>	1	
<i>Porites astreoides</i>	5	
<i>Porites branneri</i>	1	
<i>Porites divaricata</i>	1	
<i>Porites porites</i>	2	
<i>Pseudodiploria clivosa</i>	3	
<i>Pseudodiploria strigosa</i>	2	
<i>Montastrea cavernosa</i>	1	
<i>Isophyllia sinuosa</i>	1	
ZOANTHIDEA		
<i>Palythoa caribaeorum</i>	1	
<i>Parazoanthus swiftii</i>	1	
ANNELIDA		
<i>Eupolymnia crassicornis</i>	1	
<i>Anamobaea orstedii</i>	1	
<i>Bispira brunnea</i>	1	
<i>Sabellastarte magnifica</i>	1	
MOLLUSCA		
<i>Cyphoma gibbosum</i>	1	
<i>Coralliophylla cf. abbreviata</i>	1	
ECHINODERMATA		
<i>Linckia guildingi</i>	1	
<i>Ophiothrix cf. undulata</i>	1	
<i>Diadema antillarum</i>	1	
<i>Eucidaris tribuloides</i>	1	
<i>Tripneustes ventricosus</i>	1	
Richesse spécifique :	55	0

Tableau II : Effectifs et abondances relatives des poissons dans la zone d'étude

	Dalle rocheuse		Fonds de sable	
	Effectifs	%	Effectifs	%
Muraenidae				
<i>Gymnothorax moringa</i>	1	0,96		
Holocentridae				
<i>Holocentrus rufus</i>	2	1,92		
Serranidae				
<i>Cephalopholis fulva</i>	8	7,69		
<i>Epinephelus guttatus</i>	1	0,96		
<i>Serranus tigrinus</i>	2	1,92		
Carangidae				
<i>Decapterus macarellus</i>			40	100
Haemulidae				
<i>Haemulon flavolineatum</i>	2	1,92		
Pomacentridae				
<i>Stegastes planifrons</i>	1	0,96		
Labridae				
<i>Halichoeres bivittatus</i>	8	7,69		
<i>Halichoeres maculipinna</i>	2	1,92		
<i>Halichoeres radiatus</i>	1	0,96		
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	59	56,73		
Scaridae				
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	0,96		
Gobiidae				
<i>Elacatinus evelynae</i>	1	0,96		
Acanthuridae				
<i>Acanthurus tractus</i>	12	11,54		
<i>Acanthurus chirurgus</i>	3	2,88		
	15 espèces		1 espèce	

ILLUSTRATIONS

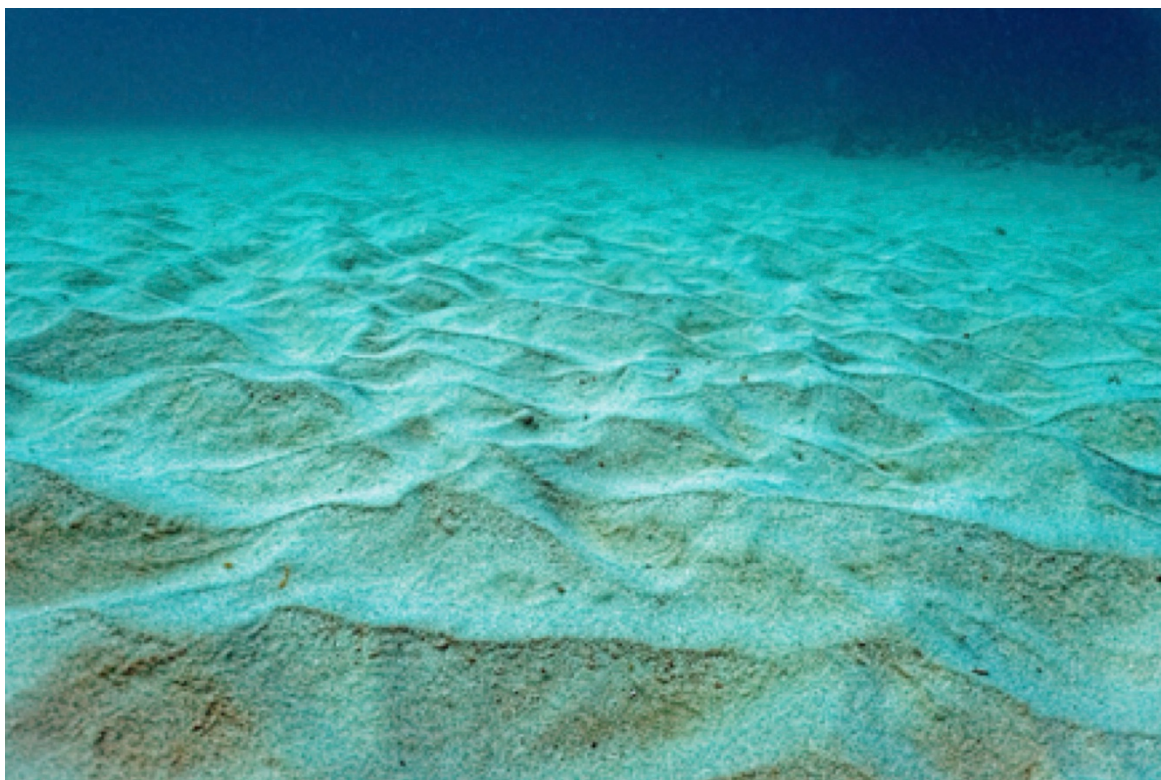


Photo 1 : aspect de la dépression sédimentaire située à -8,5 m. Sable fin bien calibré d'origine corallienne, parcouru par des « *ripple-marks* » créées par la houle.



Photo 2 : aspect de la seconde dépression sédimentaire située à -10 m. Sable fin bien calibré d'origine corallienne, parcouru par des « *ripple-marks* ». Débris d'algues en épaves arrachées aux roches environnantes.



Photo 3 : limite entre la cuvette sédimentaire et la dalle rocheuse.



Photo 4 : vue, à partir de la dalle rocheuse, de la dépression sédimentaire située à -10 m.



Photo 5 : la communauté benthique des fonds rocheux est dominée par des Algues Brunes (*Dictyota cf. pulchella* et *Dictyopterix jolyana*).



Photo 6 : des coraux et éponges sont présents de façon dispersée sur la dalle rocheuse.