

Projet Expérimental de Création de Récifs Artificiels

Ce document présente le projet expérimental de création de récifs artificiels proposé par le GPMG dans le cadre des mesures relatives à la pêche de l'arrêté préfectoral n° 2014-193/SG/DICTAJ/BRA du 16 juillet 2014 portant autorisation au titre de l'article L. 214-3 du code de l'environnement concernant les travaux du Grand Projet de Port.

En partenariat avec le

Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins des Iles de Guadeloupe



Contact :

Sita NARAYANAN

Responsable Environnement et Développement Durable

Direction de la Stratégie et de la Promotion Commerciale

Tél : 05 90 68 62 69 – 06 90 31 28 35

Mail : s-narayanan@port-guadeloupe.com

SOMMAIRE

1	Contexte.....	4
1.1	Présentation du Grand Port Maritime de la Guadeloupe (GPMG).....	4
1.3	Contexte propre au projet.....	5
2	Le projet d'implantation de récifs artificiels	5
2.1	Historique	5
2.1.1	Concertation avec les professionnels de la filière pêche	5
2.1.2	Etude de faisabilité technico-économique.....	6
2.2	Projet retenu	6
2.2.1	Objectif de production halieutique.....	6
2.2.2	Espèces ciblées.....	6
2.2.3	Localisation du projet.....	8
2.2.4	Etat initial	8
2.2.5	Volumes et dispositions	10
2.2.6	Phase expérimentale.....	11
2.2.7	Régulation de l'accès au site	11
2.2.8	Procédure réglementaire	11
3	Prestations attendues	12
4	Conception, Construction et Immersion des récifs artificiels	12
4.1	Contenu de la prestation	12
4.2	Exigences pour la conception	12
4.2.1	Nature des matériaux.....	13
4.2.2	Stabilité des modules	14
4.2.3	Intégrité structurelle	14
4.2.4	Résistance à l'affouillement	14
4.2.5	Résistance à l'enfouissement.....	15
4.2.6	Emersion	15
4.3	Dispositions générales pour la construction	15
4.3.1	Caractéristiques des matériaux.....	15
4.3.2	Confection d'éléments en béton.....	15
4.4	Transport et immersion.....	16
5	Suivi de la colonisation des Récifs Artificiels.....	16
5.1	Objectif du programme de suivi	16
5.1.1	Etat initial	17
5.1.2	Suivi écologique	17
5.1.3	Suivi technique.....	18
5.2	Durée du suivi.....	18
6	Chiffrage du projet	19

7	Annexes.....	20
7.1	Annexe 1 : Plan de situation	20
7.3	Annexe 2 : Typologie des catégories d'espèces cibles au regard de la classification de Nakamura	21
7.4	Annexe 3 : Typologie de récifs artificiels	22

1 Contexte

1.1 Présentation du Grand Port Maritime de la Guadeloupe (GPMG)

Le Grand Port Maritime de la Guadeloupe (GPMG) est un établissement public de l'État, qui a pour mission d'assurer la gestion des installations portuaires et des accès maritimes situés dans sa circonscription. C'est un port généraliste qui a en charge une grande diversité de trafics (marchandises, passagers, nautisme) et qui anime une place portuaire compétitive et diversifiée.

Le GPMG est chargé, sur son territoire, des travaux d'extension, d'amélioration, de renouvellement et de reconstruction, ainsi que de l'exploitation, de l'entretien et de la police, des ports et de la gestion du domaine immobilier qui lui est affecté.

Brassant près de 95% des échanges de marchandises de la Guadeloupe, il constitue la principale plateforme logistique sur laquelle s'appuie l'économie locale. Il permet d'une part l'approvisionnement énergétique, l'importation des matières premières, des produits intermédiaires et de la plupart des biens de consommation et, d'autre part, l'exportation des productions guadeloupéennes (essentiellement la banane, le sucre et le rhum).

Avec près d'un million de passagers empruntant chaque année ses installations, c'est aussi un acteur clé du secteur touristique.

Les sites d'implantation du GPMG sont présentés sur la carte ci-après.

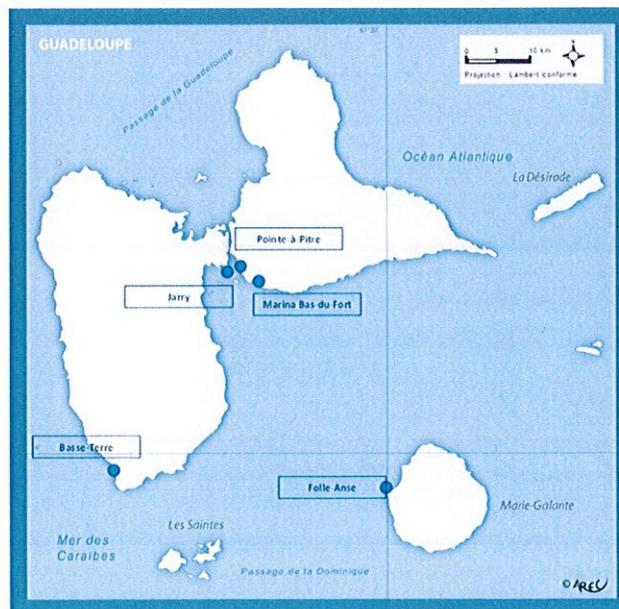


Figure 1 - Sites d'implantation du GPMG

1.3 Contexte propre au projet

L'arrêté préfectoral n° 2014-193/SG/DICTAJ/BRA du 16 juillet 2014 portant autorisation au titre de l'article L. 214-3 du code de l'environnement concernant les travaux d'optimisation des quais 12 et 13 existants, de dragage et de réalisation du terre-plein du nouveau terminal du Grand Projet de Port du Grand Port Maritime de la Guadeloupe prévoit des mesures en lien avec la pêche.

Ces mesures ont pour objectif de suivre les impacts éventuels des travaux sur les professionnels de la filière pêche et d'accompagner le développement de la filière.

Parmi ces mesures, figure la contribution à l'implantation et au suivi de récifs artificiels.

En partenariat avec le Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins des Iles de Guadeloupe (CRPMEM-IG) et le Collectif des Marins Pêcheurs du Gosier (CMPG), un programme de création de récifs artificiels a été élaboré.

L'objectif global de cette mesure est le suivant :

« L'immersion de récifs artificiels doit permettre d'optimiser les fonctionnalités écologiques nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique de certaines espèces cibles locales à fort intérêt halieutique et/ou patrimonial. »

Cet objectif global se traduit par deux priorités :

- Le soutien aux pêcheries artisanales locales,
- La conservation de l'écosystème marin guadeloupéen.

2 Le projet d'implantation de récifs artificiels

2.1 Historique

L'élaboration de ce projet de création de récifs artificiels résulte d'un long processus de concertation avec les différentes parties prenantes du projet. Des réflexions précises ont été menées sur la localisation du projet, le type de superstructure souhaité, la nature des matériaux à privilégier ou encore sur la gestion envisagée des dispositifs.

2.1.1 Concertation avec les professionnels de la filière pêche

a. Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins des Iles de Guadeloupe (CRPMEM-IG)

En 2015, le GPMG a confié une étude de faisabilité du projet au CRPMEM-IG. L'objectif de cette étude était de déterminer les objectifs de mise en œuvre ainsi que les facteurs clés de réussite du projet.

b. Collectif des Marins Pêcheurs du Gosier (CMPG)

Suite aux conclusions du CRPMEM-IG, des réunions de restitution auprès des marins pêcheurs professionnels ont été organisées.

L'apport des pêcheurs professionnels est un élément important dans la réussite du projet, du fait de leur connaissance pointue du milieu. Ils seront également des acteurs majeurs dans la gestion des dispositifs immergés.

2.1.2 Etude de faisabilité technico-économique

En 2015, une étude de faisabilité technico-économique a été réalisée par un bureau d'étude spécialisé en environnement marin. L'objectif était de définir des prescriptions écologiques et techniques pour atteindre les objectifs du projet. La démarche retenue pour la définition de ces prescriptions est la suivante :

- Proposition d'une **liste d'espèces cibles** ;
- Description des **principales caractéristiques écologiques des familles d'espèces cibles proposées** (répartition bathymétrique, taille moyenne, stratégie de reproduction, régime alimentaire, utilisation de l'habitat de substrat dur, etc.) ;
- Evaluation de **l'intérêt écologique de l'immersion d'habitats artificiels pour chaque famille d'espèces cibles, au travers 4 fonctionnalités écologiques majeures** (Habitat, Alimentation, Reproduction, Nurserie) ;
- Définition des **typologies de récifs artificiels à mettre en œuvre** pour promouvoir tout ou partie des fonctionnalités écologiques nécessaires au développement des populations d'espèces cibles ;
- Présentation des **contraintes techniques** à intégrer dans la conception des modules et leur mise en œuvre sur les fonds marins pour **garantir la durabilité de l'aménagement** ;
- Déterminer les **possibilités d'implantation sur deux sites potentiels** identifiés par les professionnels de la filière pêche.

2.2 Projet retenu

2.2.1 Objectif de production halieutique

La création de ces récifs artificiels doit répondre à un objectif d'accroissement de la productivité de la biomasse.

Le projet doit permettre de :

- **Compenser la baisse de la rentabilité de la pêche** : selon les espèces que l'on souhaite privilégier, il est possible de mettre en œuvre des récifs artificiels sur des sites plus proches des ports d'attache ce qui permet dans une certaine mesure de réaliser à l'année des économies de carburant sans pour autant augmenter fortement l'effort de pêche et les débarquements.
- **Protéger les habitats et limiter les conflits d'usages entre professionnels de la pêche.**
La mise en place de récifs de protection en tant que tel n'est pas un objectif. Cependant, les dispositifs mis en place permettront d'assurer la préservation du site, mais surtout la reconstitution des biocénoses marines.

2.2.2 Espèces ciblées

La liste des espèces halieutiques/patrimoniales proposées est présentée dans le tableau ci-après.

Le tableau fournit par ailleurs pour chaque espèce cible de la liste proposée : les tailles moyennes et maximum des espèces, la répartition bathymétrique, le type de reproduction, le statut de conservation sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) ainsi que la valeur marchande des espèces.

Nom commun	Principales Familles	Principales espèces associées	Taille Moy ¹	Dimensions Max publiées ¹	Prof moy. ¹	Repro ¹	Statut UICN ²	Prix au kilo ³
*Poissons								
Perroquets	Scaridae	<i>Scarus vetula</i>	32cm	61cm	3-25m	OP/OB	LC	9,3€
		<i>Sparisoma viride</i>	38cm	63 cm/1,6kg	3-50m	OP/OB	LC	
Chirurgiens	Acanthuridae	<i>Acanthurus coeruleus</i>	25cm	39cm	2-40m	-	LC	5,4€
		<i>Acanthurus bahianus</i>	25cm	38cm	2-40m	-	LC	
Gorettes	Haemulidae	<i>Haemulon sciurus</i>	25cm	46cm/750g	0-30m	OP/OB	NE	9,6€
		<i>Haemulon flavolineatum</i>	17cm	30cm	0-60m	OP/OB	NE	
		<i>Haemulon carbonarium</i>	20cm	36cm	3-25m	OP/OB	NE	
Pagres	Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>	50cm	94cm/15,6kg	25-95m	OP/OB	VU	9,8€
		<i>Lutjanus griseus</i>	40cm	89cm/20kg	5-180m	OP/OB	NE	
		<i>Lutjanus jocu</i>	60cm	128cm/28,6kg	2-40m	OP/OB	NE	
		<i>Ocyurus chrysurus</i>	40cm	86,3cm/4,1kg	0-180m	OP/OB	NE	
Mérus	Serranidae	<i>Cephalopholis fulva</i>	-	41cm	1-150m	OP/OB	LC	8,8€
		<i>Epinephelus guttatus</i>	40cm	76cm/25kg	1-100m	OP/OB	LC	
		<i>Epinephelus striatus</i>	-	122cm/25kg	1-90m	OP/OB	EN	
		<i>Epinephelus adscensionis</i>	35cm	61cm	1-120m	-	LC	

¹ Fishbase ; OP/OB : Œufs pélagiques / œufs benthiques déposés sur le substrat sans soin parentaux

² UICN ; LC : Least Concerned, VU : Vulnerable, EN : Endangered, NE : Not Evaluated

³ Prix moyen au débarquement (Ifremer, 2008, Situation de la pêche en Guadeloupe en 2008, 84p.

**Crustacés								
Langoustes	Palinuridae	<i>Palinurus argus</i>	20cm	60cm	1-90m	OG	DD	23€
		<i>Panulirus guttatus</i>	15cm	20cm	2-23m	OG	LC	

^{1,2} UICN ; DD : Deficient Data ; LC : Least Concerned ; OG : Œufs benthiques avec soins parentaux

³ Prix moyen au débarquement (Ifremer, 2008, Situation de la pêche en Guadeloupe en 2008, 84p.

***Céphalopode								
Poulpe	Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	-	-	1-400m	OG	NE	-

^{1,2} UICN ; OG : Œufs benthiques avec soins parentaux

**** Invasif								
Poisson-Lion	Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i>	-	38cm	2-55m	-	NE	-

*** ^{1,2}UICN ; OG : Œufs benthiques avec soins parentaux

2.2.3 Localisation du projet

Le site retenu pour l'immersion des récifs artificiels se situe au large de Petit-Havre au Gosier, au sud de la Grande-Terre en Guadeloupe.

Les coordonnées GPS du site sont : N16°12'01" ; W061°24'40".

Une situation du projet sur le territoire guadeloupéen est présentée en Annexe 1.

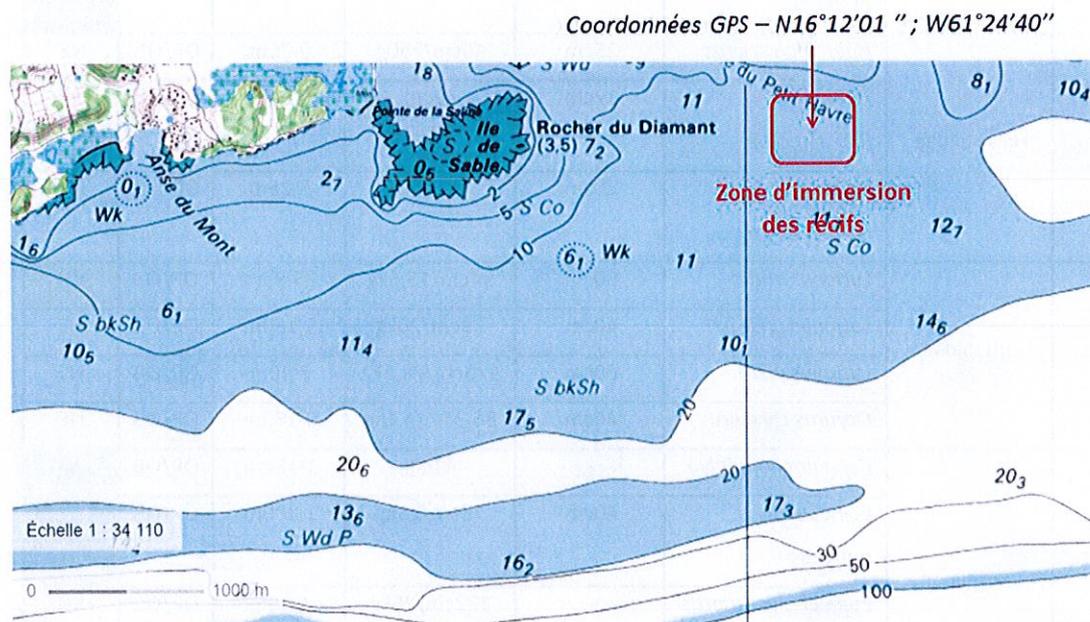


Figure 2 - Localisation du projet d'implantation de récifs artificiels

2.2.4 Etat initial

Une étude des biocénoses marines a été réalisée sur le site. Cette étude a permis la prospection d'une vaste zone au large de Petit-Havre comprise entre 10 et 26 m de profondeur.

Plusieurs points vidéo ont pu être renseignés quant à la nature du substrat et des communautés benthiques associées. Ces communautés marines ont alors fait l'objet d'une étude réalisée en plongée sous-marine. L'étude des communautés benthiques et ichtyologiques a permis de mettre en exergue la zone apparaissant comme étant la plus propice au projet d'installation de récifs artificiels.

Le type de fond identifié est constitué de sable grossier et de nodules algaux. La profondeur relevée est de 19 mètres.

Le rapport final de cette étude est joint à au présent document.

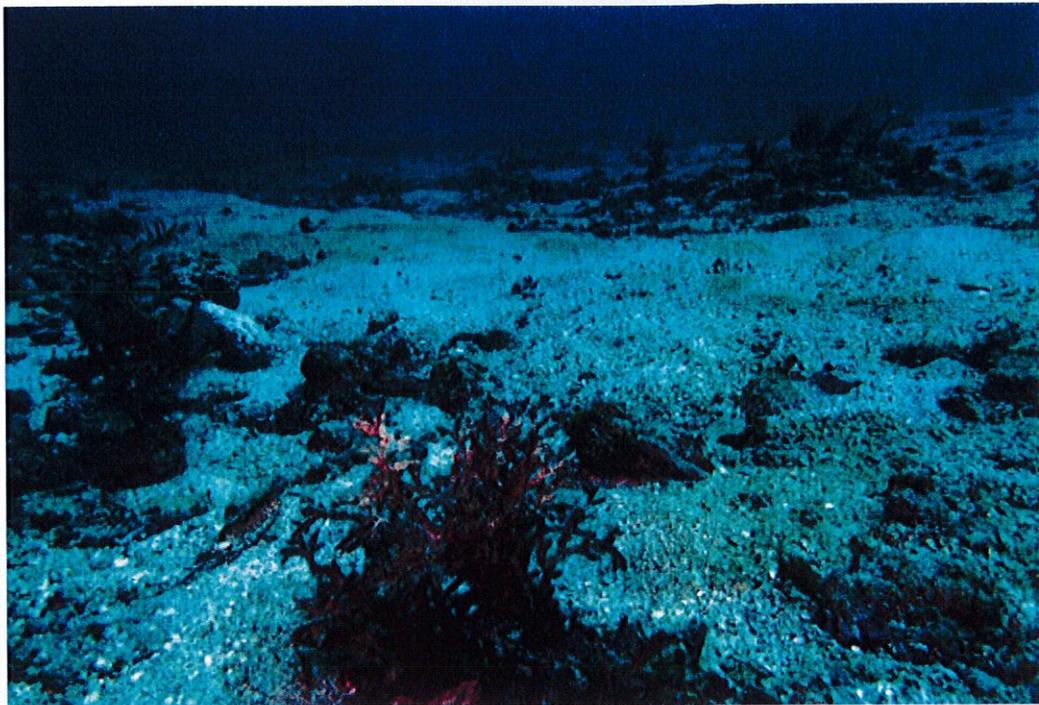


Figure 3 - Fond de sable grossier avec débris coralliens et nodules d'algues calcaires



Figure 4 - Fond de sable grossier – Algue *Caulerpa sertularioides*

Les photos sont extraites du rapport « Etude des Biocénoses marines de sites au large de Petit-Havre – Projet d'immersion de récifs artificiels – Dec 2016 »

2.2.5 Volumes et dispositions

Les différentes études réalisées ont permis de déterminer un projet global. En se basant sur la bibliographie internationale, les synthèses des retours d'expériences récents et sur les études amont réalisées dans le cadre du présent projet, **une disposition en village est préconisée**. Par définition, un village est constitué d'au moins deux hameaux. Des corridors écologiques seront mis en place au sein du village afin de permettre des connexions entre les structures des différents hameaux.

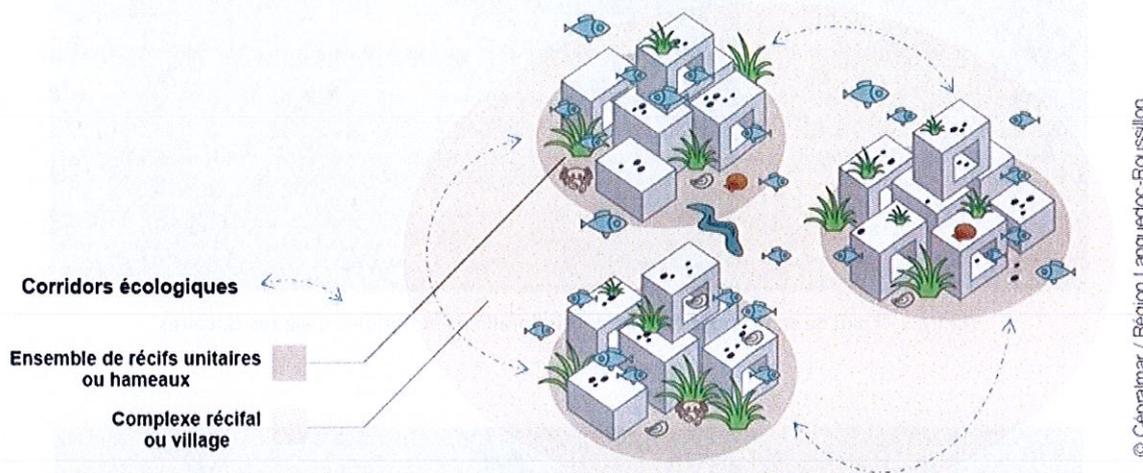


Figure 5 – Schéma de principe de disposition

Dans le cadre du projet global, **chaque hameau sera composé d'une association des quatre typologies de modules récifaux** décrites en annexe (catégories 1, 3, 4 et 6) pour permettre l'atteinte des objectifs écologiques retenus. La composition d'un hameau sera la suivante :

- un module de catégorie 4 d'un **volume unitaire d'habitats créés**¹ supérieur à 20m³ disposé au centre du hameau.
- 3 à 4 modules de catégorie 3 présentant un volume unitaire d'habitats créés d'une dizaine de m³, disposés uniformément autour du module central de catégorie 4,
- Un hameau s'étend sur une surface de 500 m² environ,
- d'embrochements naturels de 500/1000 mm, disposés de façon à générer un habitat totalisant 20% du volume total d'habitat créé du hameau. A noter que ces embrochements seront disposés au sein du village afin de créer des connexions entre les structures des différents hameaux.

¹ Volume unitaire d'habitats créés = espaces protégés dans lequel peuvent s'abriter, se mouvoir et/ou s'installer les espèces cibles à l'échelle d'un module donné

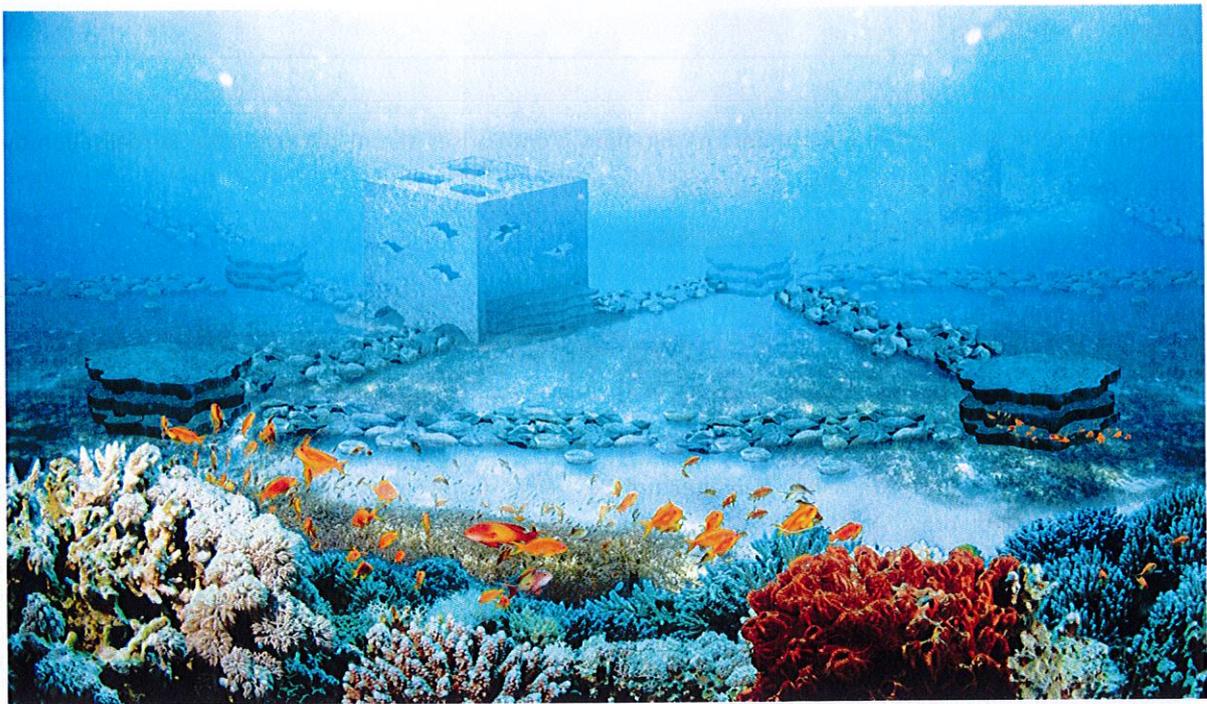


Figure 6 - Vue artistique d'un complexe récifal tel que défini dans le cadre du présent projet

2.2.6 Phase expérimentale

Compte tenu des volumes associés aux différents modules utilisés, le projet global retenu s'étend sur une surface d'1 hectare environ.

Le GPMG souhaite réaliser une phase expérimentale en immergeant dans un premier temps les modules permettant de créer un seul hameau sur une surface de 500m².

La conception du projet global sera réalisée par le prestataire mais seule la phase expérimentale sera mise en œuvre.

La phase expérimentale durera 24 mois à partir de l'immersion des récifs artificiels.

2.2.7 Régulation de l'accès au site

Les règles d'usages qui seront appliquées sur le site devront être discutées avec la Direction de la Mer.

Il serait souhaitable que l'accès au site soit interdit durant la phase expérimentale à toutes les activités de pêches et de loisirs. Durant les phases d'étude de l'état environnemental initial, d'installation, et de colonisation des récifs artificiels, seuls les scientifiques en charge des suivis devraient pouvoir accéder au site.

2.2.8 Procédure réglementaire

A ce stade, les procédures administratives envisagées sont :

- Demande d'Autorisation Temporaire d'Occupation auprès de la Direction de la Mer ;
- Procédure d'examen au cas par cas au titre du Code de l'Environnement.

3 Prestations attendues

Conformément au code des marchés publics, des consultations d'entreprises seront publiées pour la réalisation du projet dans sa phase expérimentale. Ces consultations porteront sur :

- d'une part la conception/réalisation des récifs artificiels,
- d'autre part le suivi des dispositifs.

Les prestations attendues comprennent :

- La conception d'un projet global constitué de plusieurs hameaux répartis en village et s'étalant sur une surface de 1 ha environ. Les hameaux doivent être connectés entre eux par des amas rocheux.
La conception doit permettre de définir l'architecture des récifs, la disposition des modules, le chiffrage des coûts associés à l'ensemble du projet (fabrication et immersion).
- La mise en œuvre de la phase expérimentale du projet qui comprend la création d'un récif artificiel composé d'un hameau tel que défini précédemment :
 - un module de catégorie 4 d'un volume unitaire d'habitats créés supérieur à 20m³ disposé au centre du hameau,
 - 3 à 4 modules de catégorie 3 présentant un volume unitaire d'habitats créés d'une dizaine de m³, disposés uniformément autour du module central de catégorie 4,
 - Un hameau s'étend sur une surface de 500 m² environ.
- Le suivi technique et biologique des récifs artificiels.

4 Conception, Construction et Immersion des récifs artificiels

4.1 Contenu de la prestation

Comme indiqué au §3, la prestation consiste à concevoir un programme global de création de récifs artificiels puis à mettre en œuvre la phase expérimentale plus restreinte.

La surface occupée par le projet dans sa phase expérimentale est de 500 m² au maximum.

La mise en œuvre de cette phase expérimentale doit être cohérente avec la réalisation d'une extension potentielle des récifs artificiels.

4.2 Exigences pour la conception

Les caractéristiques techniques décrites ci-après seront à intégrer dans la conception et le dimensionnement des récifs et structures proposés par le prestataire.

4.2.1 Nature des matériaux

Les principaux matériaux utilisés pour la création de récifs artificiels sont le béton, la roche, le bois, le métal, la céramique et les polymères plastiques. Ces matériaux présentent divers avantages et inconvénients qu'il convient de prendre en compte pour la définition d'un projet de récif artificiel.

Le prestataire prendra soin de vérifier et de démontrer que les matériaux qu'il préconise répondent aux exigences et objectifs du présent projet d'immersion de récifs artificiels en Guadeloupe :

- **Densité et stabilité** : des contraintes de stabilité seront induites par l'hydrodynamisme et notamment la houle parfois forte, susceptible de s'établir sur la zone d'implantation par régime cyclonique. Face aux forces qui s'exerceront sur les modules immergés à -20 m de profondeur, la stabilité de ces derniers devra être assurée par un rapport masse/volume (et donc une densité) satisfaisant. L'utilisation de matériaux suffisamment denses tels que le béton, les enrochements ou encore l'acier est recommandée pour assurer cette stabilité. Toutefois, des matériaux plus « légers » peuvent être envisagés en complément, moyennant la mise en œuvre de solutions de stabilisation adéquates (ancrages, lestages, fixations, etc.).

Le prestataire devra fournir les éléments de calculs démontrant la résistance au déplacement des structures proposées et les conséquences en termes d'entretien qui pourraient en découler.

- **Durabilité** : le présent projet de récifs artificiels a pour objectif de générer un effet positif sur les ressources halieutiques sur le long terme.

Le prestataire devra fournir les éléments d'évaluation de la durabilité des structures proposées et les coûts d'entretien/remplacement qui pourraient s'avérer nécessaires pour garantir leur pérennité.

- **Complexité architecturale** : l'architecture des modules de récifs artificiels est un critère déterminant de leur efficacité écologique. Dès lors que les espèces ciblées possèdent des *preferenda* bien identifiés en termes d'habitat, les designs et les matériaux employés pour fabriquer les récifs artificiels devront permettre de reproduire ces configurations privilégiées.

- **Performance environnementale** : les récifs artificiels sont des ouvrages à vocation environnementale et devront à ce titre faire l'objet d'une prise en compte de la performance environnementale de leurs matériaux constitutifs.

En particulier, la non-toxicité des matériaux vis-à-vis de la faune et la flore marine sera recherchée dans la conception des récifs artificiels pour optimiser la performance écologique du projet.

De même, des caractéristiques de surface spécifiques ainsi que des compositions particulières de matériaux pourront être proposées pour optimiser les processus de colonisation des substrats par la faune et la flore fixée.

Enfin, l'utilisation de matériaux disponibles localement sera également un élément pris en compte pour le bilan environnemental de l'opération.

4.2.2 Stabilité des modules

Le prestataire aura à sa charge les études de stabilité pour assurer la résistance des modules au glissement et au renversement, pour les conditions de substrat et les conditions hydrodynamiques du site d'implantation.

Le calcul de ces efforts sera réalisé en prenant en compte les données suivantes :

- Le plan de houle de la zone d'étude,
- les valeurs minimales de dimensionnement du projet prises égales aux valeurs critiques de houle associées à une période de retour sur 30 ans.

Les zones d'implantation prévisionnelles et la profondeur d'immersion (-20 m) étant définies pour ce projet, la recherche de stabilité des modules devra être réalisée au travers d'un travail sur la forme et le poids des récifs d'une part, et par un travail sur les solutions d'ancrage et/ou de lestage d'autre part.

4.2.3 Intégrité structurelle

Les efforts hydrodynamiques exercés sur les structures ou encore le contact avec des engins de pêche, sont susceptibles de désolidariser ces dernières dès lors qu'elles sont constituées d'un assemblage de sous-unités et que le liaisonnement entre ces sous unités n'est pas suffisamment dimensionné pour résister à ces efforts.

Outre la perte directe de fonctionnalité que cette déstructuration est susceptible de générer par modification architecturale des modules, plusieurs conséquences doivent être prises en compte :

- Affaissement de la structure et accroissement des risques d'enfouissement / envasement ou au contraire d'affouillement ;
- Dispersion des éléments constitutifs sur les fonds marins, accroissement des risques d'atteinte aux habitats naturels sensibles présents à proximité, et difficulté accrue de récupération des modules en fin de vie du projet.

Afin de garantir une cohésion satisfaisante des modules pour la durée du projet, le prestataire devra justifier d'une conception adéquate des modules et le cas échéant fournir les notes de calcul et/ou les caractéristiques de résistance des matériaux et équipements spécifiques utilisés. Le prestataire fournira le cas échéant les spécifications d'entretien des modules nécessaires à appliquer sur la durée du projet ainsi qu'un chiffrage des coûts associés.

4.2.4 Résistance à l'affouillement

Le phénomène d'affouillement est susceptible de perturber et d'amoindrir la fonctionnalité de modules de récifs artificiels par modification de son orientation et de son étendue dans la colonne d'eau.

Les phénomènes d'affouillement peuvent être maîtrisés au travers de la conception des modules eux-mêmes, et le cas échéant, par la mise en œuvre de dispositifs dits anti-affouillement et visant à limiter les phénomènes d'érosion de part et d'autres des structures.

Dans le cadre du présent projet, la nature meuble des fonds et l'action possible des houles cycloniques sur ces fonds laisse craindre un risque d'affouillement des structures.

Le prestataire intégrera ce risque dans la conception des modules et de leurs modalités de pose.

4.2.5 Résistance à l'enfouissement

L'enfouissement d'un module de récif artificiel correspond à son recouvrement par les matériaux meubles sur lesquels il repose.

Le phénomène d'enfouissement est susceptible de perturber et d'amoindrir la fonctionnalité de modules de récifs artificiels par perte partielle ou complète de l'habitat.

Le prestataire aura à charge de fournir les justifications de résistance à l'enfouissement des modules proposés.

4.2.6 Emersion

Conformément à la réglementation, les dispositifs immergés devront pouvoir être retirés pour une remise en état du site à l'état initial. La conception des récifs artificiels devra prendre en compte la possibilité d'une émergence des modules.

4.3 Dispositions générales pour la construction

4.3.1 Caractéristiques des matériaux

Tous les matériaux, matières et fournitures incorporés dans les ouvrages satisferont aux normes en vigueur.

Les matériaux seront des matériaux naturels sains provenant d'une source approuvée. Ils ne devront présenter aucun signe de dégradation, de faiblesse mécanique ni de décomposition chimique et ne seront pas sujets à décomposition sous l'action de l'eau de mer.

Les structures ne devront pas présenter d'impuretés, de terre, de limon, d'argile, de tourbe ni de matières végétales ou organiques. Ils ne devront présenter aucun trou provoqué par le déblai à l'explosif et pourront être manipulés et mis en place sans subir de cassure ni de dégradation.

4.3.2 Confection d'éléments en béton

La prestation de fabrication des éléments en béton comprend la préparation des coffrages, la fourniture de tous les composants nécessaires à la fabrication des bétons : granulats, sables, ciment, fibres ainsi que le coulage et le décoffrage.

- Produits de démoulage

Les produits de démoulage utilisés pour faciliter le mouillage de la surface coffrante et réduire la formation de bulles, ne devront pas laisser de trace notable sur les parements du béton et ne pas altérer la qualité des coffrages et/ou moules utilisés.

Les produits de démoulage seront compatibles avec les traitements que pourraient recevoir les parements de béton et ne doivent laisser aucune trace de produit toxique en surface des récifs.

- Documents à remettre par le prestataire retenu :

Le prestataire retenu remettra avant le démarrage de la fabrication des modules :

- Le dossier d'agrément du ciment.
- Le dossier d'agrément des sables et granulats.
- Le dossier d'essais des adjuvants.
- Les résultats de l'épreuve de convenance des bétons.

4.4 Transport et immersion

La consultation **couvre toutes les phases de la conception du projet global à l'immersion des récifs de la phase expérimentale**, afin de garantir une parfaite adéquation des éléments fabriqués et des moyens de pose disponibles.

L'objectif est à la fois d'optimiser la taille des modules en fonction de la disponibilité des moyens de pose, et d'assurer une parfaite coordination des transports et stockages provisoires.

Le prestataire devra donc démontrer son expérience dans le domaine des travaux maritimes en précisant sa méthodologie d'immersion et les moyens qu'il entend mobiliser.

L'immersion devra être réalisée strictement au niveau du site d'immersion communiqué par le GPMG.

Le prestataire devra présenter les moyens et les coûts d'une éventuelle émergence de tous les récifs mis en œuvre dans le cadre du présent marché.

5 Suivi de la colonisation des Récifs Artificiels

5.1 Objectif du programme de suivi

Pour rappel, deux sous-objectifs ont été définis au travers cet objectif global :

- Le soutien aux pêcheries artisanales locales ;
- La conservation de l'écosystème marin guadeloupéen.

Afin d'évaluer l'atteinte de ces différents objectifs, le programme de suivi doit s'appuyer sur des critères de réussite pertinents qui permettent d'évaluer les gains fonctionnels du projet d'immersion dans le temps.

Pour se faire, les indicateurs choisis et suivis par le prestataire doivent être directement liés aux critères de réussite retenus pour l'implantation des récifs artificiels et permettre de répondre aux questions suivantes :

- **« Les récifs artificiels immergés sont-ils le support de fonctions écologiques qui contribuent à l'installation d'un réseau trophique complexe de substrat dur typique des fonds coralliens guadeloupéens? »**
- ⇒ Principaux critères de réussite associés : Richesse des communautés benthiques et vagiles, densités importantes d'individus, fréquence d'occurrence importante d'espèces patrimoniales, association d'espèces de bas et de haut niveau trophique, association de stades immatures et stades matures, pas de dominance d'espèces invasives.

- « Les récifs artificiels immergés permettent-ils d'augmenter la biomasse d'espèces locales à fort intérêt halieutique et/ou de conservation ? »

⇒ Principaux critères de réussite associés : Densités importantes d'individus, fréquence d'occurrence importante d'espèces patrimoniales et à fort intérêt halieutique

Pour se faire, le programme de suivi comprend :

- Un état initial (pré-immersion)
- Un suivi écologique pluriannuel (post-immersion)
- Un suivi technique pluriannuel (post-immersion).

5.1.1 Etat initial

Dans le cadre du présent projet, un état initial (point zéro) de la zone d'immersion doit être réalisé en amont de l'installation des récifs artificiels de façon à permettre une comparaison avant/après immersion.

L'état initial devra comprendre :

a. Une étude des communautés benthiques (organismes fixés ou rampants) réalisée en plongée

Principaux indicateurs associés : richesse spécifique, dominance, occurrences espèces protégées et/ou invasives.

b. Une étude des communautés ichthyologiques (poissons) réalisée en plongée

Principaux indicateurs associés : richesse spécifique, dominance, occurrences espèces protégées et/ou invasives, niveau trophique, stade de vie juvénile ou adulte.

c. Une étude des sédiments superficiels (a minima 20 premiers cm) : analyse granulométrique des sédiments

La période de réalisation de l'état initial devra correspondre à une période propice à l'observation des différents taxons cités ci-dessus. Cette dernière devra être précisée et validée en concertation avec le GPMG.

5.1.2 Suivi écologique

Suite à l'immersion des récifs artificiels, un suivi écologique pluriannuel devra être réalisé.

Afin de permettre une comparaison et une analyse des résultats des suivis des récifs dans le temps, il est nécessaire d'avoir des indicateurs identiques dont le mode d'acquisition est similaire.

Ces derniers devront être similaires que ce soit entre la phase état initial et la phase de suivi écologique pluriannuel, mais aussi entre les différentes campagnes du suivi écologique pluriannuel.

Pour faciliter les comparaisons et l'interprétation des résultats, les différentes campagnes du suivi écologique devront être réalisées dans les mêmes conditions (météo, houle, etc.).

Le suivi écologique pluriannuel devra comprendre :

a. Une étude des communautés benthiques ayant colonisés les récifs (organismes fixés ou rampants) réalisée en plongée

⇒ Principaux indicateurs associés : richesse spécifique, dominance, occurrences espèces protégées et/ou invasives

b. Une étude des communautés ichtyologiques (poissons) réalisée en plongée (richesse spécifique, densité, dominance, espèces protégées et/ou invasives)

⇒ Principaux indicateurs associés : richesse spécifique, dominance, occurrences espèces protégées et/ou invasives, niveau trophique, stade de vie juvénile ou adulte

5.1.3 Suivi technique

Outre l'étude de l'efficacité écologique des récifs artificiels, un suivi technique doit également être mis en place. Ce dernier aura pour objectif de décrire le comportement des ouvrages dans le temps et notamment leur positionnement, leur résistance à l'affouillement ou à l'enfouissement, et leur intégrité structurelle.

Le suivi reposera sur le relevé ponctuel (seuls certains récifs ainsi suivis au sein de chaque hameau) des paramètres suivants à l'aide d'un profondimètre digital et sur l'observation des récifs en plongée :

- h : la hauteur du récif ;
- Pmax : la profondeur du substrat mesurée au point le plus profond à proximité du récif, généralement au fond de la cuvette formée près du récif en cas d'affouillement ;
- Pmin : la profondeur mesurée au point le moins profond du récif, soit généralement la partie supérieure de celui-ci ;
- Pext : la profondeur du substrat mesurée à une dizaine de mètres du récif et supposée non affectée par les perturbations hydro-sédimentaires potentiellement induites par celui-ci.

Ces paramètres seront utilisés pour définir les indicateurs suivant :

- **La profondeur d'enfouissement (PE), obtenue selon la formule $PE = h - (Pmax - Pmin)$;**
- **La profondeur de la cuvette (PC) éventuellement créée, obtenue selon la formule $PC = Pmax - Pext$;**
- **L'émergence des modules (E), obtenue selon la formule $E = Pext - Pmin$;**

Les observations visuelles en plongée permettront par ailleurs d'apprécier le déplacement et l'inclinaison éventuels des autres récifs artificiels ainsi que toute éventuelle marque visible de détérioration (fissure, trous etc.).

Le suivi technique sera réalisé concomitamment aux plongées d'études biologiques.

5.2 Durée du suivi

Les suivis écologiques et techniques s'étaleront sur une période de 24 mois.

Dans le cadre du présent projet, le GPMG souhaite que soit réalisé un suivi des récifs artificiels selon la fréquence suivante :

Phase 1	Etat initial – Avant immersion (T)
Phase 2	Suivis écologique et technique – T + 1 mois
Phase 3	Suivis écologique et technique – T + 6 mois
Phase 4	Suivis écologique et technique – T + 12 mois
Phase 5	Suivis écologique et technique – T + 20 mois

6 Chiffrage du projet

Le projet dans sa phase expérimentale est évalué à 150 000€ (fabrication + pose). Cette estimation est faite sur la base du chiffrage proposé par le bureau d'étude spécialisé en environnement marin pour deux scénarii de projets de plus grande ampleur.

<p>Descriptif d'un hameau unique</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Enrochements naturels 500/1000mm limités à la création de corridors écologiques < 20 % du volume total d'habitats créés ■ 3 à 4 modules de cat.3 de volume unitaire d'habitats créés $\approx 10 \text{ m}^3$ ■ 1 module de cat.4 de volume unitaire d'habitats créés $> 20 \text{ m}^3$ ➡ Volume total d'habitats créés : 100 à 150 m^3
<p>Scénario 1 : Descriptif d'un village constitué de deux hameaux</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Enrochements naturels 500/1000mm limités à la création de corridors écologiques < 20 % du volume total d'habitats créés ■ 6 à 8 modules de cat.3 de volume unitaire d'habitats créés $\approx 10 \text{ m}^3$ ■ 2 modules de cat.4 de volume unitaire d'habitats créés $> 20 \text{ m}^3$ ➡ Volume total d'habitats créés : 200 à 300 m^3
<p>Scénario 2 : Descriptif d'un village constitué de quatre hameaux</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Enrochements naturels 500/1000mm limités à la création de corridors écologiques < 20 % du volume total d'habitats créés ■ 12 à 16 modules de cat.3 de volume unitaire d'habitats créés $\approx 10 \text{ m}^3$ ■ 4 modules de cat.4 de volume unitaire d'habitats créés $> 20 \text{ m}^3$ ➡ Volume total d'habitats créés : 400 à 600 m^3
<p>Transport et Immersion</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 80 à 120 000€ selon disponibilités des moyens nautiques et volumes à immerger

	Scenario 1	Scenario 2
Fabrication	2x60=120k€	4x55=220k€
Pose	80 à 100k€	100 à 120k€
TOTAL	220 000€	340 000€

Nota : la production d'unités supplémentaires s'accompagne d'une baisse du coût unitaire associée à une économie d'échelle sur de nombreux postes (fabrication, transport à terre/en mer, immersion etc.).

7.2 Annexe 2 : Typologie des catégories d'espèces cibles au regard de la classification de Nakamura

Espèces cibles	Type	Typologie de récifs ciblée	Caractéristiques techniques communes à l'ensemble des espèces
<p>Poissons-perroquet (Scaridae) et Poissons-chirurgien (Acanthuridae)</p>	<p>Type B (ou II) Espèces démersales fréquentant ou vivant sur ou à proximité des substrats durs.</p>	<p>Cavités moyennes (d'ordre décimétriques à pluridécimétriques) Habitat et protection nocturne</p>	
<p>Gorettes (Haemulidae)</p>	<p>Type B (ou II) Espèces démersales fréquentant ou vivant sur ou à proximité des substrats durs</p>	<p>Cavités moyennes (décimétriques) à grandes cavités (métriques) et développement surplombs verticaux ombragés Habitat et protection diurne</p>	<p>Apport substrat dur</p>
<p>Pagres (Lutjanidae) et Mérous (Serranidae)</p>	<p>Type A (ou I) Espèces benthiques ou necto-benthiques souvent cryptiques de substrat dur</p>	<p>Cavités moyennes (décimétriques) à grandes cavités (métriques) ombragées étroites et proches de substrat Habitat et protection diurne</p>	<p>Habitat et soutien trophique</p>
<p>Poisson-Lion (Scorpaenidae)</p>	<p>Type A (ou I) Espèces benthiques ou necto-benthiques souvent cryptiques de substrat dur</p>	<p>Cavités moyennes (décimétriques) à grandes cavités (métriques) ombragées Habitat et protection diurne</p>	<p>Développement de la colonisation benthique et corallienne</p>
<p>Langoustes (Palinuridae) et Poulpes (Octopodidae)</p>	<p>Type A (ou I) Espèces benthiques ou necto-benthiques souvent cryptiques de substrat dur</p>	<p>Développement de la microcomplexité par l'association de multiples cavités (centimétriques à décimétriques) Cavités étroites profondes également envisageables pour les langoustes. Habitat, reproduction, protection</p>	

7.3 Annexe 3 : Typologie de récifs artificiels

D'après la classification japonaise de Nakamura, les récifs artificiels peuvent être scindés en cinq grands groupes morphologiques, selon leur ressemblance fonctionnelle aux habitats naturels auxquels sont affiliées les espèces marines de substrat dur.

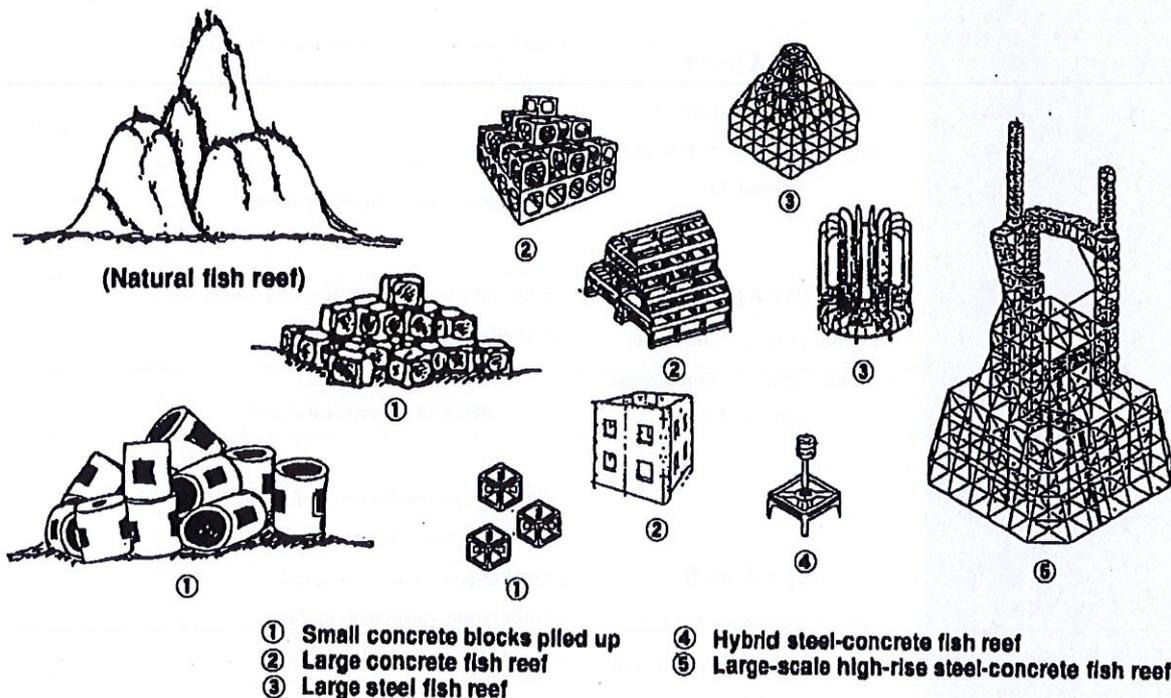
Groupe 1 : amas chaotiques d'enrochements naturels, faible hauteur, principalement pour les espèces de type A ou I, (et B ou II suivant les hauteurs et la taille des blocs),

Groupe 2 : amas chaotiques de petits modules de béton (blocs cubiques de 1,5 m ou de 2 m de côté, ou de forme cylindrique à entasser) formant des cavités complexes, faible hauteur, principalement pour les espèces de type A ou I (et B ou II suivant les hauteurs et la taille des blocs),

Groupe 3 : ensemble de petits modules unitaire en béton ou acier assemblés ou non, hauteur variable moyenne à haute, principalement pour les espèces de type B ou II (et C ou III en fonction de la hauteur),

Groupe 4 : grand module unitaire en béton ou acier, hauteur moyenne, principalement pour les espèces de type B ou II (et C ou III si l'empilement est suffisant pour atteindre une hauteur importante),

Groupe 5 : très grand module, grand volume et grande hauteur, à l'unité en acier ou mixte (béton/acier), principalement pour les espèces de type C ou III (et B ou II dans le cas d'association de techniques mixtes).



Une sixième catégorie peut aujourd'hui être reconnue dans les **modules annexes de complexification** de structures artificielles, permettant de remplir certaines fonctions particulières (nurserie, captage de larves, connectivité de la surface vers le fond, attraction de grands pélagiques, systèmes anti-filet etc.), mais ils ne constituent pas des récifs artificiels à part entière.