

Benthos de substrats durs

Fascicule technique pour la mise en œuvre du suivi
"Benthos de substrats durs"
du réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion



Septembre 2023
Version 4.0

Partenaires scientifiques et techniques :

Réseau de Contrôle de Surveillance DCE :

Suivi "Benthos de substrats durs"

CONTRIBUTION AUX TRAVAUX DU GROUPE DE TRAVAIL DCE REUNION sur la thématique "Benthos de substrats durs"

Coordination :

Magali DUVAL, Michel ROPERT et Cathy TREGUIER
Délégation Ifremer océan Indien

Expertise thématique et scientifique :

Lionel BIGOT et Pascale CUET
UMR Entropie, Université de La Réunion
Pascale CHABANET,
UMR Entropie, IRD La Réunion
Jean-Benoît NICET,
NICET Consultant

Rédaction / mise en page du document :

Laurence MAUREL
Délégation Ifremer océan Indien

Mises à jour du document (V4) :

Cathy TREGUIER, Chloé FARI et Magali DUVAL
Délégation Ifremer océan Indien

Autres contributeurs du Groupe de Travail DCE Réunion :

Harold CAMBERT, Mayalen ZUBIA,
ARVAM, 2 rue Maxime Rivière, Sainte-Clotilde, SAINT-DENIS
Jean TURQUET,
CITEB (anciennement ARVAM, Hydroréunion et Nexa)
Bruce CAUVIN, Karine POTHIN, Lola MASSE, Tévamie
RUNGASSAMY, GIP-RNMR,
Gérard FAURE,
Prof. Honoraire, Université de Montpellier II (USTL)
Edouard COLLIN, Ludovic HOARAU, Ronan LE GOFF, Pierre SCOLAN,
Coralie VERMENOT,
Délégation Ifremer océan Indien
Léonard DURASNEL, Alexandre MOULLAMA,
Office de l'eau Réunion,
Pascal MOUQUET,
AAMP / ECOMAR / UBO
Jean-Pascal QUOD,
PARETO EcoConsult
Pascal TALEC,
DEAL, La Réunion

Référents DCE nationaux :

Patrick LE MAO, Nicolas DESROY, Laurence MIOSSEC, Emilie
GAUTHIER (Coordination Ifremer)
Olivier MONNIER, Stéphanie COUPRIE, Hélène UDO (OFB)

Photographie couverture : Acropores tabulaires – Plateforme récifale d'Etang-Salé – Pierre SCOLAN ©

Septembre 2023
Version 4.0

Ce document doit être cité comme suit :

GT DCE Réunion "Benthos de substrats durs". 2023. Fascicule technique pour la mise en œuvre du suivi "Benthos de substrats durs" du réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion. R.RBE/DOI/2023-005, 43 p.

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : R.RBE/DOI/2023-005 N° de Version : 4.0 Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		date de publication : 2023 nombre de pages : 43 bibliographie : oui, dans le texte illustration(s) : oui langue du rapport : français
Titre : Fascicule technique pour la mise en œuvre du suivi "Benthos de substrats durs" du réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion.		
Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/>		Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>
Coordination: Magali DUVAL, Michel ROPERT et Cathy TREGUIER Expertise thématique et scientifique: Lionel BIGOT, Pascale CUET Pascale CHABANET Jean-Benoit NICET Rédaction / mise en page du document : Laurence MAUREL Mise à jour du document (v4) : Cathy TREGUIER, Chloé FARI et Magali DUVAL Contribution / autres membres GT DCE Réunion : Membres du GT DCE La Réunion cités page précédente.		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer RBE/DOI UMR Entropie, Université de La Réunion UMR Entropie, IRD, La Réunion NICET Consultant puis MAREX Ifremer RBE/DOI Ifremer RBE/DOI
Cadre de la recherche : 2010-2013 : Contrat Ifremer/DEAL de La Réunion n° 11/1219452/BF 2014-2015 : Convention Ifremer/Office de l'eau Réunion n°14/1211501/F et Convention Ifremer/ONEMA 2014 et 2015 2016-2017 : Convention Ifremer/Office de l'eau Réunion n°16/1212627/F et Convention Ifremer/ONEMA 2016 et 2017 2018-2019 : Convention Ifremer/Office de l'Eau Réunion n°18/2216642/F et Conventions Ifremer/AFB 2018 et 2019 (La Réunion et Mayotte) 2020-2021 : Conventions Ifremer /OFB 2020 (La Réunion et Mayotte) et avenants 2021 2021-2022 : Convention Ifremer/OFB 2021 (La Réunion et Mayotte) et avenants 2022 (Océan Indien) 2023 : Convention Ifremer/MTE 2023 (Océan Indien)		
Destinataire : DEAL Réunion, Office de l'Eau de La Réunion, OFB		
Résumé <p>Les travaux relatifs à la mise en œuvre de la DCE à La Réunion ont démarré au début des années 2000, avec la mise en place de 4 groupes de travail DCE experts dont les travaux ont été synthétisés au travers de 4 fascicules techniques définissant les conditions de mise en œuvre des différents suivis du réseau de contrôle de surveillance (RCS) DCE en milieu marin à La Réunion. Une première version du fascicule "Benthos de substrats durs", a été produite en 2012 et validée au niveau national par les référents DCE (Cellule REBENT de l'Ifremer, Coordination nationale DCE milieu Marin, responsable projet Quadrige). Une mise à jour a été proposée en 2014 (Office de l'eau Réunion/Ifremer) dans la double perspective des recommandations nationales (GT MNHN/ONEMA) et de la programmation en 2015 de la première campagne de suivi "benthos de substrats durs" à La Réunion.</p> <p>Ce fascicule a vocation à constituer le support technique des méthodes et des référentiels pour la réalisation du suivi "benthos de substrats durs" du RCS DCE à La Réunion. Il précise les protocoles de prélèvement et d'analyses à réaliser.</p>		
Mots-clés : DCE ; La Réunion ; Contrôle de surveillance ; Récif corallien ; Macroalgues ; Réseau GCRMN ; BD Récif		
Référence documentaire : GT DCE Réunion "Benthos de substrats durs". 2023. Fascicule technique pour la mise en œuvre du suivi "Benthos de substrats durs" du réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion. R.RBE/DOI/2023-005, 43 p.		

Sommaire

1. CONTEXTE : LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU (DCE)	1
2. APPLICATION A LA REUNION	5
2.1. <i>LA DCE A LA REUNION</i>	5
2.2. <i>DEFINITION DU SUIVI BENTHOS DE SUBSTRATS DURS</i>	6
2.2.1. Le réseau GCRMN	6
2.2.2. Campagne MSA (pentes externes) - 2009	7
2.2.3. Projet Bioindication (plateformes récifales) - 2010	7
2.3. <i>PRESENTATION DES FASCICULES</i>	8
3. LE SUIVI	11
3.1. <i>POSITIONNEMENT DES STATIONS DE SUIVI</i>	11
3.2. <i>PERIODE ET FREQUENCE D'ECHANTILLONNAGE</i>	13
3.2.1. Période d'échantillonnage	13
3.2.2. Périodicité.....	13
4. PROTOCOLES D'ECHANTILLONNAGE	15
4.1. <i>LOGISTIQUE</i>	15
4.2. <i>PARAMETRES-METHODES</i>	15
4.2.1. L.I.T.	16
4.2.2. Belt Transect invertébrés.....	19
4.2.3. Belt Transect poissons	20
4.3. <i>ORGANISATION TERRAIN</i>	22
4.3.1. Déroulement.....	22
4.3.2. Métadonnées.....	23
5. BANCARISATION ET VALORISATION DES DONNEES	25
5.1. <i>SI QUADRIGE ET BD RECIF</i>	25
5.2. <i>CYCLE DE DE VIDE DES DONNEES DANS BD RECIF</i>	26
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	27
ANNEXES	28
<i>ANNEXE I : MASSES D'EAU COTIERES DU BASSIN DE LA REUNION</i>	29
<i>ANNEXE II : LISTE DES ESPECES D'INVERTEBRES</i>	31
<i>ANNEXE III : LISTE DES ESPECES DE POISSONS</i>	32
<i>ANNEXE IV : TAXONS CORAIL OBSERVEES DEPUIS 1998 A LA REUNION</i>	34

Résumé des modifications

Version	Modifications
2.0	<p>Mises à jour en fonction des recommandations nationales du GT MNHN/ONEMA et de la programmation en 2015 de la première campagne de suivi "Benthos de substrats durs" principalement au niveau du positionnement des stations, suggéré dans la V1 et précisé dans la V2 (§ 3.1).</p> <p>+ Précisions/corrections mineures</p>
3.0	<p>Mises à jour des paragraphes généraux, corrigés dans les autres fascicules (§ 1).</p> <p>Refonte du § 3.1, afin de simplifier la lecture des stations de suivi, qui, jusqu'alors faisait la distinction entre les stations "traditionnelles" de la RNMR et celles rajoutées pour la DCE. Déplacement de la station Spot Surf afin d'être cohérent avec le faciès des autres stations.</p> <p>Remplacement du protocole Quadrat (pour les algues dressées et le recrutement corallien) jugé non pertinent au regard des résultats obtenus en 2015 par le BELT Poisson (voir p.20), recommandé par l'Onema et le GT DCE local (§ 4 et § Erreur ! Source du renvoi introuvable.), restant à être validé</p> <p>Précisions apportées sur le protocole BELT Invertébrés afin de cadrer sa mise en œuvre (§ 4.2.2) suite au RCS 2015, pour lequel les observations étaient trop dépendantes de l'observateur.</p> <p>Mise à jour des caractéristiques de bancarisation des données en fonction du déploiement de BD Récif datant du premier semestre 2016 (§ 5).</p> <p>Clarification et rectification du mode de calcul de l'indicateur DCE Benthos de substrats durs sur la base du paramètre "Nature de substrat" sur le LIT depuis la dernière mise en œuvre du RCS en 2015, non récolté dans les campagnes d'échantillonnage historiques (§ Erreur ! Source du renvoi introuvable.).</p> <p>+ Précisions/corrections mineures</p>
4.0	<p>Refonte des paragraphes 1 et 2 (§ 1 à 3 sur la version précédente) en cohérence avec le nouveau format des fascicules (sans suivi de modification pour une meilleure lisibilité exception pour le texte faisant référence à l'objet de la présente révision) avec notamment suppression de passages trop détaillés pour une version 4.</p> <p>Mise à jour de la carte des stations de suivi pour correction de l'attribut « couleur » des stations 124 et 126 (stations DCE et non stations DCE + GCRMN : erreur dans carte de 2020).</p> <p>Simplification du paragraphe 5 (§ 6 sur la version précédente) sur la bancarisation des données (sans suivi de modification)</p> <p>Suppression du paragraphe sur l'indicateur "pente externe" (§ 7 sur la version précédente) désormais décrit dans le fascicule "indicateurs".</p> <p>Annexe III mise à jour avec la liste arrêtée en GT DCE La Réunion de mars 2022</p> <p>Annexe IV mise à jour sur la base d'une extraction du programme GCRMN_LAREUNION_LIT_BENTHOS au 16/08/2023 (sans suivi de modification)</p> <p>+ Précisions/corrections mineures et corrections des liens dynamiques « internet » suite à mise à jour nationale majeure des sites internet d'Ifremer</p>

1. CONTEXTE : LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU (DCE)

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) n°2000/60/CE du 23 octobre 2000 est une Directive du parlement et du conseil européen transposée en droit français, loi N° 2004-338 du 21/04/2004. La DCE établit un cadre pour la préservation et la restauration des eaux des Etats Membres, qu'il s'agisse des eaux de surface, souterraines ou côtières. La DCE fixe des obligations de résultats (et pas simplement de moyens), et oblige donc les Etats Membres, après une phase de constat (état des lieux) à lancer des programmes de préservation/restauration de la qualité des eaux afin de garantir "le bon état, écologique et chimique" de toutes les masses d'eau.

En France, les rapports et les données résultant des réseaux de suivi de la DCE sont utilisés par les Comités de Bassin en charge de la coordination des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Les SDAGE sont les documents définissant la politique de l'eau à l'échelle des grands bassins hydrographiques français ("districts hydrographiques"), bassins qui correspondent aux aires de compétence des Agences de l'Eau en métropole et à celles des Offices de l'Eau dans les DOM.

La DCE impose aux Etats Membres d'effectuer dans chacun de leurs grands bassins un découpage géographique en "masses d'eau" qui deviennent des unités de gestion.

La DCE précise que les **masses d'eau côtières dites aussi masses d'eau littorales** doivent s'étendre jusqu'à un mille au large du zéro des cartes bathymétriques et que leur découpage doit reposer sur :

- la capacité de renouvellement des eaux au sein de la masse d'eau, par mélange ou par transport, ce qui inclut les notions de temps de résidence, de renouvellement des eaux, d'intensité des houles (secteurs abrités ou battus) et de sensibilité de la zone aux apports (terrestres ou non, localisés ou diffus).
- des critères géomorphologiques, comme la profondeur et la nature des fonds, car ces critères conditionnent pour une bonne part la richesse faunistique, et plus généralement la biodiversité locale.

Ces critères permettent de définir la typologie des différentes masses d'eau (Annexe I). En outre, chacune des masses d'eau retenue doit être si possible délimitée par des points "naturels" (cap, pointe, limite de bassin versant ...), et doit être la plus homogène possible du point de vue de ses caractéristiques naturelles ou des pressions exercées par les activités humaines, et ce afin que l'état constaté y soit lui-même le plus homogène possible.

La DCE impose en outre quatre grands types de contrôles/suivis de la qualité des eaux et des biocénoses qui les peuplent ou en dépendent :

- **Le Contrôle de Surveillance**, qui doit permettre le suivi de la qualité (aspects qualitatif, et également quantitatif pour ce qui concerne les eaux de surface et souterraines) d'un ensemble de masses d'eau jugées représentatives du district hydrographique, et ce sur le long terme,
- **Le Contrôle Opérationnel**, devant être appliqué aux masses d'eau risquant de ne pas atteindre le "bon état" (ces masses d'eau, anciennement qualifiées de "RNABE" pour Risque de Non Atteinte du Bon Etat, sont aujourd'hui qualifiées de "RNAOE", pour Risque de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux),
- **Le Contrôle d'Enquête**, à appliquer en cas de non atteinte (probable) des objectifs et en l'absence d'explication ou de connaissance sur les facteurs de dégradation,

- **Le Contrôle Additionnel**, concernant certaines zones protégées particulières telles que les eaux de baignade, les habitats naturels, ainsi que les zones hébergeant des espèces ou des habitats protégés, notamment au niveau communautaire.

Quels que soient le ou les types de contrôle, la DCE précise qu'il faut définir un état écologique et un état chimique pour pouvoir statuer sur la qualité d'une masse d'eau, sur son état. L'état écologique s'exprime selon 5 classes de qualité (très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais), et l'état chimique uniquement selon deux classes : "bon" ou "non atteinte du bon état". Il a donc été nécessaire, pour chacun des indicateurs retenus (hors chimie), de bâtir des grilles de qualité à plusieurs classes (Figure 1).

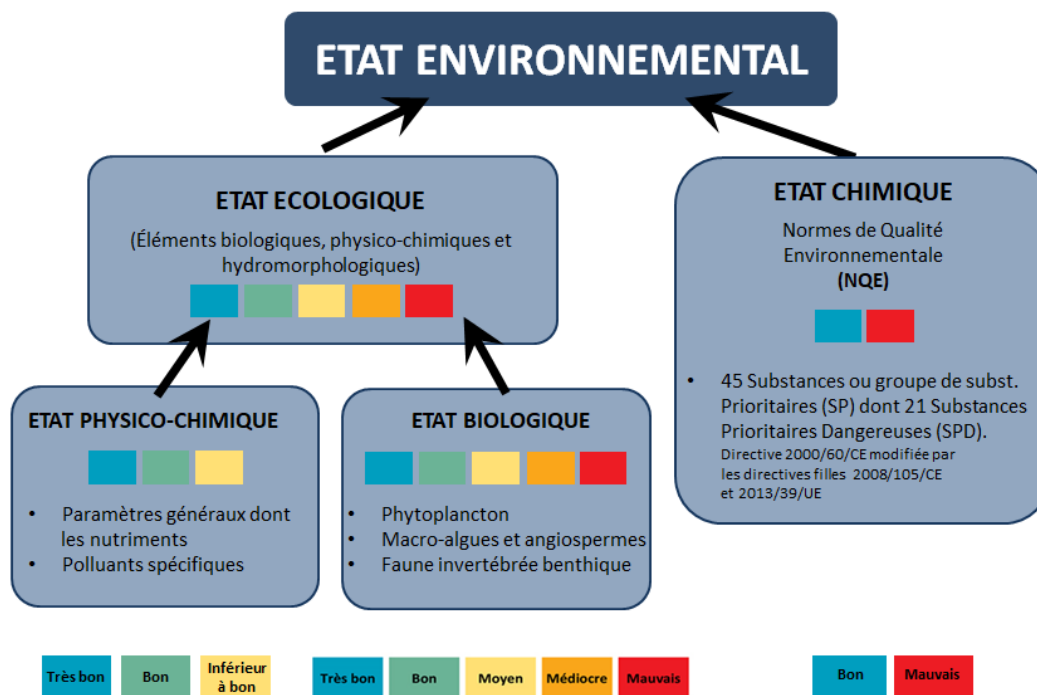


Figure 1 : Schéma d'évaluation de l'état d'une masse d'eau imposée par la DCE

L'évaluation de l'état écologique des eaux côtières doit reposer sur l'utilisation de paramètres biologiques d'une part, et de paramètres physico-chimiques "soutenant les éléments biologiques" (*i.e.* explicatifs des constats biologiques) d'autre part.

Si certains habitats, comme les sédiments meubles non végétalisés, se prêtent par nature à une harmonisation des méthodes, la situation est plus complexe pour les substrats durs et pour les couverts végétaux. En effet, ces derniers nécessitent des approches différentes pour pouvoir définir une stratégie de surveillance adaptée permettant l'inter-calibration sur le classement relatif à l'état écologique des Masses d'Eau. Les recommandations de la DCE vis-à-vis des substrats durs concernent le suivi de deux groupes distincts (Ifremer/Dyneco, 2005) :

- Benthos "végétation" (macroalgues, phanérogames marines),
- Benthos "invertébrés" (coraux durs, coraux mous).

La surveillance des algues macroscopiques et des phanérogames est rendue obligatoire par l'article 1.1.4 de l'annexe V de la DCE, qui inscrit ce paramètre à la liste des éléments de qualité biologique permettant l'évaluation de l'état écologique des Masses d'Eau côtières. Ce suivi doit

être systématiquement mis en œuvre dans le cadre du contrôle de surveillance (Annexe V – art. 1.3.1).

Les macro-invertébrés benthiques constituent le plus souvent un excellent indicateur de l'état général d'un milieu et peuvent même renseigner, grâce à la présence/absence de certains organismes sensibles, sur l'existence de certaines pressions d'origine anthropique. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne notamment i) les apports en matière organique qui sont générés en zones urbanisées par des stations d'épuration et/ou des réseaux de collecte défaillants ou manquants et ii) les apports associés à certaines pratiques agricoles en zones rurales, dont celles laissant les sols nus en périodes de fortes pluies ou supprimant les obstacles ou freins aux écoulements et favorisant ainsi érosion et ravinement.

Il n'y a pas ou peu de recommandations concernant le suivi du benthos de substrats durs du type "corail" dans la DCE. Toutefois, une réflexion entre les différents experts nationaux sur les écosystèmes récifaux a été engagée en 2012 à travers un atelier national (pilote par ONEMA/MNHN). Cet atelier avait pour objectifs de :

- **Identifier les principales actions à mettre en œuvre** à court et moyen terme, pour aboutir à la création d'indices,
- **Etablir une liste des paramètres à relever et des métriques candidates.**

Ainsi, deux listes de paramètres pertinents à suivre ont pu être élaborées : une pour le suivi des herbiers et l'autre pour le suivi du corail.

Les herbiers étant quasi-absents sur le littoral de La Réunion, le GT "Benthos de Substrats durs" estime qu'ils ne peuvent pas faire l'objet d'une étude particulière. Cependant l'évolution de leur surface doit être surveillée (*via* les images hyperspectrales par exemple).

Les paramètres recommandés au niveau de l'axe "corail" sont présentés dans le Tableau 1, dans lequel sont distingués les paramètres jugés pertinents (Niveau N1) des paramètres dont la pertinence doit être évaluée dans les cinq ans à venir (Niveau N2). Les paramètres notés "C" sont dits "explicatifs" et n'interviennent pas dans le calcul des indicateurs DCE.

Tableau 1: Conclusions de l'atelier national "Corail" des paramètres à suivre. Seuls les paramètres grisés font l'unanimité (en l'état de janvier 2012) ; MA = Macroalgues et HC = Corail Dur ("Hard Coral")

Groupes	Paramètres	Métriques candidates	Niveau
Algues (MA)	Recouvrement Macroalgues	Pourcentage MA/ corail vivant Pourcentage MA/ substrat dur	N1
	Taxons Macroalgues	Taxons nitrophiles/ phosphorophiles Algues "compétitrices"	N1
Coraux (HC)	Recouvrement corail vivant	Pourcentage HC/ corail mort Pourcentage HC / substrat total	N1
	Densité colonies adultes	Nombre colonies adultes /m ²	N1
	Taxons coraux	Ratio Acropores/ non Acropores	N2
	Densité juvéniles	Juveniles/m ² % adultes /juvéniles	N2
	Blanchissement	3 classes: saine; partiellement blanchie; totalement blanchie	C
	Nécrose	Présence/absence	C
	Maladie coraux	Présence/absence	C, N2
Autres Invertébrés	Densité Echinides	Oursins diadèmes/m ² autres espèces ?	N2
	Gorgones	Présence/absence	C
	<i>Acanthaster</i>	Présence/absence	C, N2
	Eponges	Présence/absence	C, N2

En 2014, un atelier national s'est de nouveau réuni. Sans remettre en cause la liste des paramètres identifiés en 2012, il a principalement statué sur les niveaux de recommandation dans une perspective d'ajustements des besoins aux moyens disponibles à une échelle inter DOM.

Trois campagnes de suivi « benthos de substrats durs » du RCS ont été réalisées sur la base des protocoles décrits dans les versions successives du présent fascicule (2015, 2018 et 2021). Sur la base des résultats de ces campagnes ainsi que des campagnes GCRMN avec lesquelles les campagnes DCE sont mutualisées, les membres du GT DCE La Réunion ont statué en 2022 sur :

- une mise à jour du calcul de l'indicateur (cf. fascicule ad'hoc),
- une liste « poisson » commune entre les suivis DCE et GCRMN.

2. APPLICATION A LA REUNION

2.1. La DCE à La Réunion

A La Réunion, la DEAL, chargée de la mise en œuvre de la DCE, a initié dès le début des années 2000 différents projets visant à recenser les données existantes et en acquérir de nouvelles, en vue de mettre en place les suivis du Réseau de Contrôle et de Surveillance de la DCE.

Entre 2008 et 2013, la DEAL s'est appuyée sur la Délégation Ifremer océan Indien (DOI) qui a assumé la mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage à travers différents projets, et en créant et coordonnant quatre Groupes de Travail thématiques (GT) associant l'ensemble des experts locaux et métropolitains concernés. En 2012, la maîtrise d'ouvrage de la mise en œuvre des suivis du Réseau de Contrôle de la Surveillance DCE a été confiée institutionnellement à l'Office de l'Eau Réunion. Entre 2013 et 2019, la Délégation Ifremer océan Indien a assuré un appui au Bassin de La Réunion dans le cadre de deux conventions (AFB -ONEMA/Ifremer et Office de l'Eau Réunion/Ifremer). Depuis 2020, l'appui est assuré par une seule convention OFB/Ifremer. Ce soutien comprend, entre autres, la mise à jour des différents fascicules techniques.

Les quatre grandes thématiques abordées dans les GT, et donc les quatre suivis du réseau de contrôle de surveillance (RCS), traitent des paramètres physico-chimiques et du phytoplancton, des contaminants chimiques, du benthos de substrats meubles et enfin du benthos de substrats durs objet du présent fascicule.

Ces GT, chacun dans leur domaine, ont eu pour mission entre 2010 et 2012 :

- de **définir les paramètres et indicateurs** (valeurs seuils, grilles) pertinents pour évaluer l'état des masses d'eau,
- **de bancariser** (ou faire bancariser) dans Quadrigé² (ou Q²), base nationale de référence pour l'ensemble des données environnementales marines, les données pertinentes déjà acquises localement dans le cadre de suivis ou d'études ponctuelles¹,
- **d'utiliser les grilles d'indicateurs** définies/retenues et les données pertinentes bancarisées afin de réactualiser **l'état des lieux** des masses d'eau réunionnaises et mahoraises
- d'élaborer le réseau pérenne de suivi de la DCE dans le cadre du réseau de contrôle de surveillance.

A compter de 2015, le GT DCE "eau littorale" de La Réunion ne se réunit plus par thématique mais en fonction de l'actualité et à raison de deux voire trois réunions par an. Son mandat est le suivant :

- contribuer à l'optimisation et à l'adaptation des suivis du RCS, y compris les grilles/indicateurs, en fonction du retour d'expériences de la mise en œuvre des suivis, de l'amélioration des connaissances et de l'évolution de la réglementation, ...,
- valider la mise à jour des fascicules qui découlent des éléments pré-cités,

¹ Ce rapatriement sous Q² permet de sécuriser ces données au sein du serveur SISMER, et de bénéficier du couplage Q²-S3E (Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux) permettant le rapportage européen de la DCE.

- contribuer à la définition des autres réseaux de contrôles (RCE, RCO, ...) de la DCE,
- valider à dire d'expert l'évaluation de l'état des lieux issus des scripts S3E,
- contribuer à la valorisation des données en apportant un soutien à leur qualification, à leur diffusion, ...

2.2. Définition du suivi Benthos de Substrats Durs

Pour définir le protocole et la stratégie du suivi "benthos de substrats durs", le GT DCE s'est appuyé sur différents suivis et projets.

Les masses d'eau de type récifal de La Réunion sont constituées de récifs de type frangeant. Ce type de récif se décompose en deux grandes zones : la pente externe et la plateforme récifale. La plateforme récifale se compose d'un platier (substrat dur à base de corail) et d'une dépression d'arrière-récif, ou DAR (zone sableuse parsemée de colonies coralliennes). La Figure 2 illustre les éléments géomorphologiques caractéristiques des récifs frangeants de La Réunion.

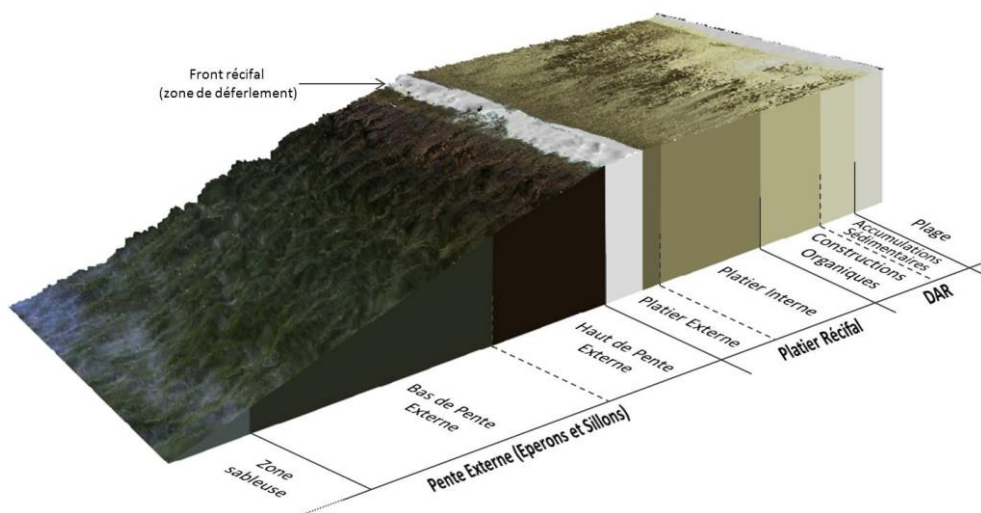


Figure 2 : Eléments de géomorphologie récifale du récif frangeant que l'on trouve à La Réunion (d'après les images hyperspectrales et Montaggioni & Faure, 1980)

2.2.1. Le réseau GCRMN

Pour évaluer la dégradation des récifs coralliens à l'échelle mondiale, l'ICRI (International Coral Reef Initiative) a développé en 1996 un réseau international de suivi des récifs : le GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network). L'objectif de ce réseau est de faire des suivis des récifs coralliens à l'échelle mondiale, basés sur une même méthodologie pour pouvoir comparer les données recueillies entre les différents sites faisant partie de ce réseau et suivre l'évolution de leur état de santé sur le long terme.

Les pentes externes et plateformes récifales de La Réunion font l'objet d'un suivi annuel dans le cadre du réseau GCRMN depuis 1998. Il a été mis en place dans le cadre d'un suivi pérenne des écosystèmes récifaux de La Réunion. Les méthodes utilisées dans ce réseau sont le L.I.T (Line Intercept Transect) pour caractériser les organismes fixés ainsi que le substrat (mis en place été austral 1998-99), le Belt transect pour les poissons (été austral 1998-99) et les invertébrés benthiques appartenant à la faune vagile (en 2011).

Le suivi annuel, initié par l'Université de La Réunion en 1998 et mené depuis 2007 par la RNMR (Réserve Naturelle Marine de La Réunion) repose sur 7 sites situés dans les 4 zones récifales (Saint-Gilles, Saint Leu, l'Etang-Salé et Saint Pierre). Chaque site est échantillonné au niveau de deux stations : sur la pente externe et sur la plateforme récifale, soit 14 stations au total.

Ce suivi a permis de disposer de séries chronologiques annuelles de données exceptionnellement longues pour La Réunion. Les données sont en outre comparables d'un point de vue spatial (mêmes coordonnées GPS) et méthodologique (même protocole appliqué et le plus souvent possible, même opérateur). L'analyse des données collectées par la RNMR a ainsi permis d'appréhender l'état de santé des communautés benthiques caractéristiques des différents récifs de l'île (Bigot L., 2008).

Au sein des plateformes récifales, les paramètres mesurés par la méthode L.I.T du réseau GCRMN se caractérisent par une grande variabilité, tant spatiale que temporelle. Ces fluctuations sont liées avant tout aux caractéristiques géomorphologiques de ces plateformes (moins de 1m d'eau) et leur très grande sensibilité aux effets directs des conditions environnementales (fortes pluies, houles australes, cyclones, décotes marines). Il est rapidement apparu que dans un tel contexte, pouvoir discriminer ce qui relevait d'une influence anthropique ou d'un effet strictement environnemental était impossible.

Le GT DCE a préconisé de réaliser dans un premier temps le suivi et la définition des indicateurs uniquement en pente externe.

2.2.2. Campagne MSA (pentes externes) - 2009

Une campagne spécifique, "Pente Externe", a eu lieu en 2009 (à l'initiative de la DIREN de La Réunion), reposant sur un échantillonnage exhaustif le long des pentes externes sur la côte Ouest de La Réunion. La méthode Medium-Scale Approach (MSA) a été mise en œuvre. La méthode MSA consiste en une expertise de quadrats de 25 m² le long de transect de 25 m de long (soit un total de 10 quadrats par station). Pour chaque quadrat, la couverture corallienne totale est estimée en discriminant chaque groupe de coraux spécifiques défini préalablement. De même, les différents types de substrats et les différents groupes d'algues sont identifiés. La méthode MSA est facilement applicable, mais généraliste (les espèces ne sont pas identifiées, les recouvrements sont estimés). Pour ces raisons, elle n'a pas été retenue par le GT DCE de La Réunion pour définir le RCS Benthos de Substrats durs.

L'analyse des données a cependant permis de calibrer l'indicateur de qualité des masses d'eau côtières de type récifal.

2.2.3. Projet Bioindication (plateformes récifales) - 2010

Le projet "Bioindication", initié dès 2010, financé par l'ONEMA et l'Ifremer, a été mené conjointement par l'ARVAM, PARETO, l'Université de La Réunion et la DOI de l'Ifremer, il s'est articulé autour de deux volets, présentés dans un rapport (Le Goff *et al.*, 2012).

- Le premier volet avait pour objectif de définir des indicateurs de dystrophie révélant un enrichissement en nutriments sur les platiers récifaux. Il a fait l'objet d'une importante phase d'acquisition de données, en intégrant à la fois des paramètres physico-chimiques et les peuplements algaux et coralliens.

- Le second volet reposait, quant à lui, sur le traitement et l'analyse de prises de vue aéroportées d'images hyperspectrales acquises dans le cadre des projets "[Spectrhabet OI](#)" (2009-2011) et "[Hyscores](#)" (2015-2016).

Cette technique permet, après traitement et analyse des images, d'identifier la signature spectrale des objets constituant les fonds marins afin d'en réaliser une cartographie. Il est alors possible de calculer un indice basé sur l'abondance des différents substrats (Algues/Corail/Sable). A terme, l'évaluation de la qualité des masses d'eau de type récifal pourrait être réalisée par cet indice.

Le projet "Bioindication" n'a pas permis de bâtir le(s) indicateur(s) attendu(s). Toutefois le travail réalisé a permis de réactualiser les connaissances relatives aux peuplements algaux en identifiant des espèces (ou groupes d'espèces) opportunistes ou potentiellement indicatrices de dystrophie. Les images des fonds marins issues de l'Atlas Spectrhabet ont permis de positionner les stations complémentaires de suivi (hors GCRMN).

2.3. Présentation des fascicules

L'objectif des fascicules (photo 1) est d'être à la fois le document technique de référence permettant la réalisation du suivi, et une ébauche de cahier des clauses techniques particulières (document support pour le lancement d'un appel d'offres pour la réalisation dudit suivi ou d'autres suivis dans cette thématique). Ils précisent par conséquent les protocoles et procédures à respecter pour la réalisation des prélèvements et des analyses, ainsi que la stratégie spatiale et temporelle d'échantillonnage arrêtée.

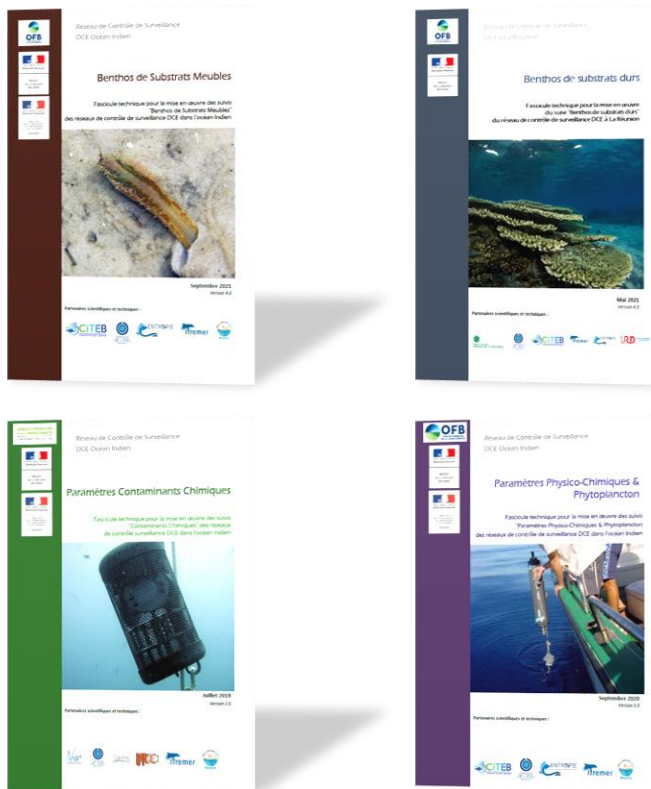


Photo 1 : Couvertures des 4 fascicules techniques de définition des suivis du réseau de contrôle de surveillance à La Réunion

Le présent fascicule décrit, pour La Réunion, les paramètres retenus et/ou recommandés en fonction d'une fréquence et méthode d'échantillonnage précise pour le Réseau de Contrôle de Surveillance Benthos de Substrats Durs.

La bancarisation des données est abordée succinctement dans ce document. Elle est réalisée dans le Système d'Informations Quadrigé au moyen de l'application "BD Récif". BD Récif est une application qui fonctionne en mode "déconnecté", les données sont saisies localement sur un poste et peuvent être échangées entre saisisseurs. Elles sont ensuite contrôlées et validées pour pouvoir être synchronisées avec le système central afin de rendre la donnée "publique" (Cf. § 5).

Les indicateurs et grilles de qualité permettant d'actualiser l'état des lieux des masses d'eau sont décrits dans le fascicule technique pour le calcul des indicateurs DCE dans l'océan Indien. Ils sont également disponibles dans les textes de référence DCE, et notamment ceux édités par le ministère en charge de l'Ecologie.

3. LE SUIVI

Le suivi préconisé à ce jour est limité aux pentes externes des complexes récifaux de La Réunion, il a vocation à être développé au niveau des plateformes récifales en fonction des futures acquisitions dans le cadre de contrôles d'enquêtes en cours et des projets en lien avec l'imagerie hyperspectrale.

3.1. Positionnement des stations de suivi

Concernant les pentes externes, quatorze stations réparties dans les quatre masses d'eau côtières de type récifal font partie du suivi "Benthos de substrats durs" : quatre stations dans la masse d'eau "Saint-Gilles" (LC12), cinq pour "Saint-Leu" (LC11), deux pour "L'Etang-Salé" (LC10) et trois pour "Saint-Pierre" (LC09) (Tableau 2 et Carte 1).

La mise en œuvre du suivi se faisant en partie dans la RNMR, il convient de prendre les dispositions nécessaires au regard de la réglementation en vigueur pour cette Aire Marine Protégée (AMP).

Tableau 2 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage du suivi "Benthos de substrats durs" du RCS DCE à La Réunion

Masse d'eau	Mnémonique Q ² / BD Récif	Lieu de surveillance	Longitude (WGS84)	Latitude (WGS84)	Type de suivi
LC09	126-P-037	Saint-Pierre_La Ravine Blanche (Pente externe)	55.45913	-21.34572	GCRMN + DCE
LC09	126-P-039	Saint-Pierre_Alizé Plage (Pente externe)	55.47102	-21.34857	GCRMN + DCE
LC09	126-P-127	Saint-Pierre_Terre-Sainte (Pente externe)	55.4814	-21.3522	DCE
LC10	126-P-035	L'Etang-Salé_Le Bassin Pirogue (Pente externe)	55.32828	-21.26878	GCRMN + DCE
LC10	126-P-121	Etang-Salé_Spot Surf (Pente externe)	55.3275	-21.2641	DCE
LC10	126-P-205	L'Etang-Salé_Pointe des sables (Pente externe)	55.32669	-21.26673	DCE
LC11	126-P-123	Saint-Leu_Kélonia (Pente externe)	55.2727	-21.1526	DCE
LC11	126-P-030	Saint-Leu_La Corne (Pente externe)	55.28261	-21.16404	GCRMN + DCE
LC11	126-P-033	Saint-Leu_La Varangue (Pente externe)	55.28249	-21.17355	GCRMN + DCE
LC11	126-P-122	Saint-Leu_Gendarmerie (Pente externe)	55.2836	-21.1817	DCE
LC11	126-P-125	Saint-Leu_Marine (Pente externe)	55.2794	-21.1998	DCE
LC12	126-P-124	Saint-Gilles_Les Aigrettes (Pente externe)	55.2137	-21.0396	DCE
LC12	126-P-026	L'Ermitage_Le Toboggan- Trois chameaux (Pente externe)	55.21701	-21.08126	GCRMN + DCE
LC12	126-P-029	La Saline_Planch'Alizés (Pente externe)	55.22969	-21.09900	GCRMN + DCE
LC12	126-P-126	Saint-Gilles_Souris Chaude (Pente externe)	55.2583	-21.1253	DCE

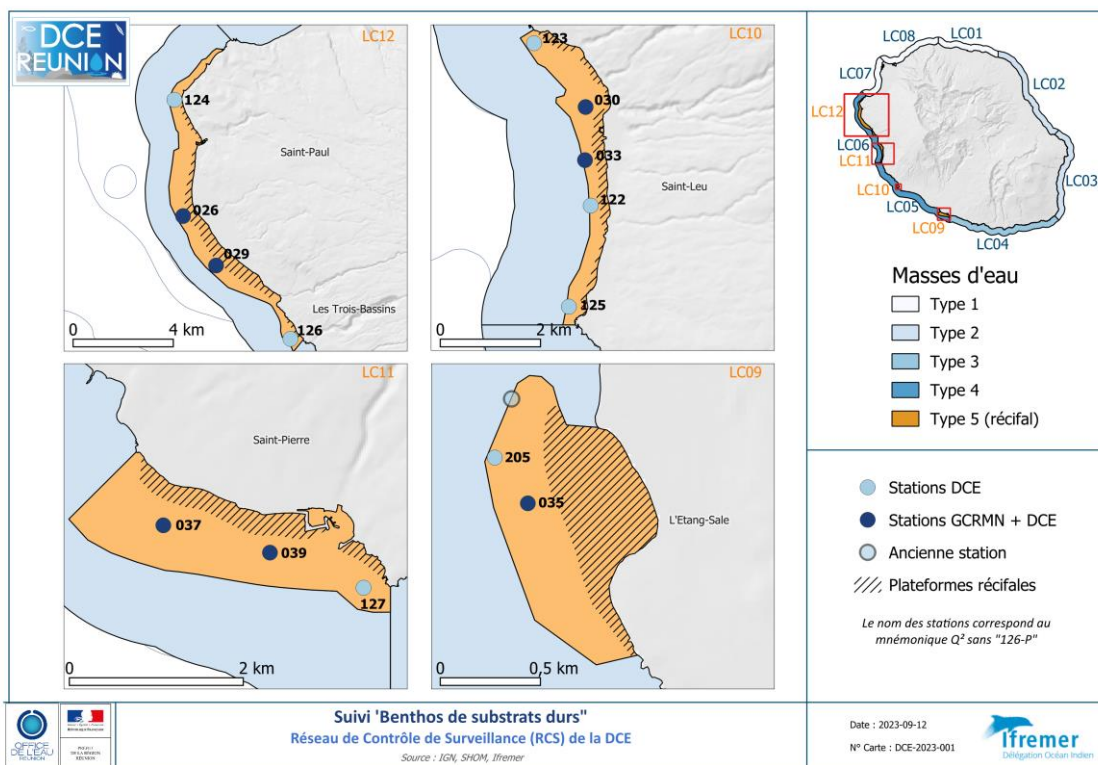
(en gris : station abandonnée à partir de 2018)

La moitié de ces stations est suivie annuellement par la RNMR. Les 7 autres ont été ajoutées afin de compléter ce suivi et permettre de disposer d'un réseau de stations plus représentatif de l'ensemble de la masse d'eau.

Ces stations complémentaires de suivi ont été positionnées en s'appuyant sur 1) l'expertise terrain des membres du GT et 2) les images des fonds marins issues de l'Atlas "Spectrhabet" (Mouquet *et al.*, 2014).

La présence d'une huitième station, située au nord de LC12 au niveau du secteur de Maharani, a été discutée. Cette zone joue un rôle de "charnière écologique" entre les formations basaltiques du Cap La Houssaye et les écosystèmes récifaux de St Gilles Nord. Elle ne dispose pas à ce jour de suivi "sentinelle" que ce soit dans le cadre du GCRMN ou de la DCE. A défaut d'être parvenu à consolider son existence dans la limite des 7 stations DCE, il a été proposé qu'elle reste identifiée en lui attribuant un statut de "station optionnelle".

Suite à la première campagne du suivi Benthos de substrats durs du RCS de 2015, il s'est avéré que la station "Etang-Salé_Spot Surf (Pente externe)" -126-P-121 ne correspondait pas au faciès géomorphologique des autres stations. Cette station a été remplacée par la station "L'Etang-Salé_Pointe des sables (Pente externe)" - 126-P-205 à compter du suivi 2018.



Carte 1 : Stations du suivi "Benthos de substrats durs" du RCS DCE dans les masses d'eau côtières de type récifal de La Réunion

3.2. Période et fréquence d'échantillonnage

3.2.1. Période d'échantillonnage

La période estivale (entre novembre et mars) est plus favorable au développement algal qui se fait au détriment des colonies coralliennes. Le GT a opté pour le principe selon lequel l'évaluation de l'état de santé de la masse d'eau doit être réalisée au moment le plus défavorable et le plus pénalisant ; de plus c'est à cette période (décembre à avril) que le suivi GCRMN est mis en œuvre par la RNMR. Il est donc important et pertinent de mettre en œuvre l'acquisition des données pour la DCE sur la même période.

3.2.2. Périodicité

Dans le cadre des suivis pérennes imposés par la DCE, il a été établi par le GT "Benthos de substrats durs" que l'échantillonnage aurait lieu deux fois par plan de gestion. Un plan de gestion dure six ans donc, tous les trois ans le réseau de surveillance mis en œuvre par la RNMR sera exploité pour les besoins de la DCE. Il conviendra alors de rajouter les sept stations complémentaires pour former le réseau de suivi RCS DCE (la RNMR réalisant les suivis GCRMN tous les ans sur les sept stations déjà existantes).

Etant donné la fréquence (triennale) de visite sur les 7 stations DCE, la matérialisation des points *in situ* devra faire l'objet de contrôles et d'entretien si nécessaire. Cette opération, préalable à toute mise en œuvre du suivi par son opérateur, pourrait être réalisée avec le soutien des agents de la RNMR (sous réserve de l'accord de la direction du GIP RNMR).

4. PROTOCOLES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les protocoles présentés sont valables tant que l'indicateur proposé n'est appliqué qu'aux pentes externes. L'ajout du suivi des plateformes récifales enrichira les couples méthodes-paramètres. Ainsi, ce chapitre, tout comme le précédent, a vocation à évoluer et à être enrichi.

4.1. Logistique

Matériel :

- navire,
- GPS,
- 2 rubans gradués de 50 mètres (minimum) et lests,
- barre en PVC de 1 mètre (pour le Belt Invertébré),
- 3 tablettes et fiches de relevés associées à chaque protocole,
- crayons à papier (suffisamment pour en avoir de secours),
- équipement de plongée en conformité avec la réglementation en vigueur,
- un appareil-photo et son caisson,
- un thermomètre.

Personnel :

- un marin, pilote du navire,
- un plongeur scientifique (aptitude CAH classe IB minimum) ayant une expérience dans l'identification des communautés benthiques des récifs coralliens et possédant une très bonne aptitude à l'application du protocole GCRMN-LIT (Global Coral Reef Monitoring Network) de niveau "expert" (dont l'identification des individus est réalisée au niveau spécifique), capable d'identifier les maladies coralliennes,
- soit un plongeur scientifique (aptitude CAH classe IB minimum) ayant une expérience dans l'identification des invertébrés et dans l'identification des poissons des récifs coralliens pour appliquer les deux protocoles GCRMN-Belt (invertébrés vagiles et poissons), soit un plongeur scientifique (aptitude CAH classe IB minimum) par protocole (un pour les invertébrés, un pour les poissons).

L'organisation opérationnelle des activités de plongée pourra être adaptée dans les limites strictes de la réglementation en vigueur.

Il est également important, au cours des différentes campagnes d'échantillonnages, que les observations soient réalisées dans des conditions climatiques homogènes et que l'ensemble des observateurs puissent faire valoir le même niveau de formation et de compétences en regard du protocole afin de limiter au maximum les sources d'erreurs interannuelles liées aux opérateurs (Hill et Wilkinson, 2004).

4.2. Paramètres-méthodes

Le GT "Benthos de substrats durs" de La Réunion s'est basé sur les connaissances locales et les résultats de la réflexion des experts nationaux des récifs coralliens pour établir une liste précise des paramètres à mesurer (Tableau 3 et Tableau 4). Les paragraphes suivants exposent des listes plus exhaustives de paramètres à suivre (pour le L.I.T). En effet, le niveau "expert" du suivi L.I.T

Benthos du réseau GCRMN, utilisé par la RNMR, se doit d'être maintenu pour conserver un niveau de détail homogène et permettre, après acquisitions des premiers suivis, d'affiner le réseau si besoin.

Quant aux protocoles Belt Invertébrés et Belt Poissons, ils ont été précisés au fil des campagnes du suivi « Benthos de substrats durs » du RCS et permettent à ce stade d'obtenir des données d'accompagnement – les données n'entrent pas dans le calcul de l'indicateur mais permettent d'alimenter le dire d'expert.

Tableau 3 : Paramètres obligatoires pour le suivi "Benthos de substrats durs" du RCS DCE

Méthode	Compartiment	Paramètres	Métriques
L.I.T Line Intercept Transect	Corail "dur" (HC, "Hard Coral")	Vitalité	% relatif au substrat colonisable
		Couverture corallienne	% de recouvrement de HC total
		Part relative des genres	% relatif, au sein de HC total
		Part relative des principales formes	% relatif, au sein de HC total
	Alcyonaire	Vitalité	% relatif au substrat colonisable
		Couverture	% de recouvrement d'Alcyonaire total
	Algue	Part de chaque groupe fonctionnel par rapport algues totales	% relatif au peuplement "algue" total
	Corail mort	Part corail mort (colonie encore sur pied aisément différenciable d'un substrat calcaire quelconque)	% relatif à l'ensemble Corail mort + Corail vivant
Belt Transect "invertébrés"	Invertébrés benthiques vagiles	Abondance de taxon cible type "broueteurs d'algues": oursin racleurs (ex : <i>Diadema</i> et <i>Echinometra</i>), voir la liste d'espèces cibles, annexe 2	Densité
Belt Transect "poissons"	Poissons coralliens	Abondance (en nombre d'individus) et classe d'abondance d'espèces cibles, voir annexe 3	nombre d'individus
	Poissons coralliens	Taille moyenne observée par espèce	taille en centimètres

Tableau 4 : Paramètres additionnels pour le suivi "Benthos de substrats durs" du RCS DCE

Méthode	Compartiment	Paramètres	Métriques
L.I.T Line Intercept Transect	Corail "dur" (HC, "Hard Coral")	Santé générale des coraux vivants : Présence de Nécroses / Maladies	Observation / Non Observation
		Part corail blanchi sur corail vivant	% relatif, au sein de HC total
		Couverture corail blanchi	% de recouvrement de HC blanc total

Les protocoles décrits dans ce chapitre sont directement issus du "Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs" d'après Hill & Wilkinson (2004).

4.2.1. L.I.T.

Procédure

Le terme de transect se rapporte à un segment de droite, matérialisé sur le terrain par un ruban gradué (Figure 3), positionné parallèlement au rivage et sur une même isobathe. Les individus interceptés par le ruban gradué (coraux **durs** ou **scléactiniaires**, coraux **mous** ou alcyonnaires, algues, etc.), ainsi que le substrat non biologique, sont identifiés et leurs longueurs mesurées (Figure 4) (Conand *et al.*, 1998).

Le protocole L.I.T., Line Intercept Transect, est utilisé pour déterminer le pourcentage de recouvrement corallien. Le benthos est référencé selon un code et selon le genre et/ou espèce de l'individu observé.

La manipulation est répétée sous la forme de **sous-échantillons** (3 transects par lieu de surveillance) longs de **20 m** et séparés de 5 à 10 m dans la zone d'habitat homogène.

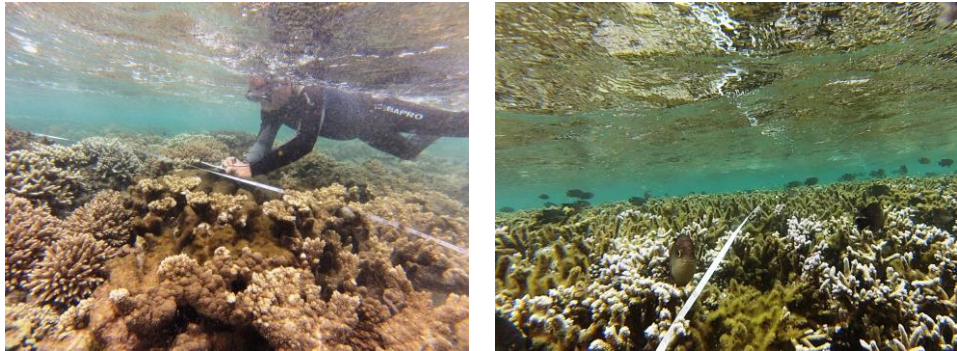


Figure 3 : Exemple de transects (gauche : La Corne ; droite : La Varangue, Saint-Leu)

Les stations sont matérialisées sur le terrain par des plots bétons ou piquets galvanisés aux extrémités de chaque sous-échantillon (illustré dans la Figure 5).

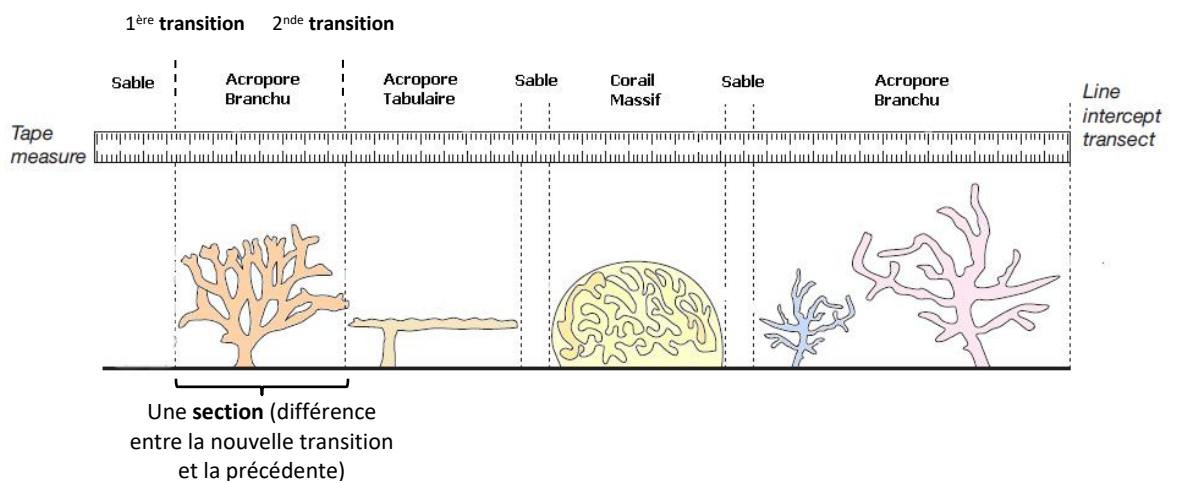


Figure 4 : Schéma du déroulement du transect L.I.T

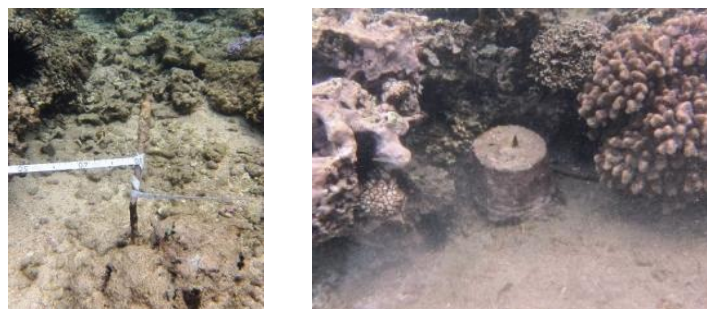


Figure 5 : Exemple de matérialisation de départ/fin de transect déjà existant (La Corne platier, Saint-Leu)

Paramètres mesurés

Au cours de la progression le long du transect l'opérateur doit remplir sa fiche terrain en précisant pour chaque transition (changement de type de benthos rencontré) : la valeur numérique sur le ruban (à 5 cm près), le code benthos (*a minima*), l'espèce de corail rencontré et le substrat sur lequel l'observation est faite quand elle est du type vivante. Pour les paramètres mesurés à partir du L.I.T, il est indispensable de se baser sur la codification présentée sur la Figure 6 pour les groupes de taxons et sur la Figure 7 pour les types de substrats. Cette codification permet de faciliter le travail sur le terrain (modèle de fiche terrain en Figure 8) et de noter les "grands types" benthiques. Les champs de genre/espèce doivent être remplis quand ils sont connus. La liste des espèces actuellement recensées à La Réunion est présentée en annexe 4.

Type Général	Code Groupe Taxon	
HC Corail Dur	CAC - Acropores	ACB Acropore Branchu
		ACD Acropore Digité
		ACE Acropore Encroûtant
		ACS Acropore Submassif
		ACT Acropore Tabulaire
	NAC - Non-Acropores	CB Corail Branchu
		CE Corail Encroûtant
		CF Corail Foliacé
		CM Corail Massif
		CME Millepore
		CMR Corail Champignon
		CS Corail Submassif
		CTU Tubipore
		CHL Héliopore

Type Général	Code Groupe Taxon	
Corail Mou	SC	Corail Mou
AL Algues	CA	Algue Calcaire
	FMA	Algue Dressée Molle
	HMA	Algue Dressée Dure
	TA	Turf Algal
Phanérogame	PHA	Phanérogame
OT Autre	GOR	Gorgone
	OT	Autre
	SP	Eponge
	ZO	Zoanthaire

Figure 6 : Ensemble des codes à utiliser sur la fiche terrain pour identifier les groupes de taxons

Type Général	Code Substrat	
Corail Mort	DC	Corail Mort en place
AB Abiotique	R	Débris
	RCK	Roche nue
	COL	Substrat dur colonisé
	S	Sable
	SI	Vase
	BAS	Substrat basaltique

Figure 7 : Ensemble des codes à utiliser sur la fiche terrain pour identifier le substrat sur lequel reposent les taxons

Fiche terrain Benthos fixé - Linear Intercept Transect							
Station :				N° fiche :			
Plongeur :				Date :			
N° Transect	Transi-tion (cm)	Groupe de Taxon (voir code)	Taxon Genre	Taxon Espèce	Bleaching	Type de Substrat (voir code)	Remarques

Figure 8 : Fiche terrain correspondant aux paramètres mesurés par le L.I.T.

Le blanchissement est un paramètre explicatif de type qualitatif (BLEACHING), trois possibilités :

- Pâle (décoloration des tissus)
- Partiellement blanchi (patches de blanchissement ou tissu blanchi)
- Blanchi (les tissus sont totalement blanchis, plus de zooxanthelles)

Paramètres additionnels

Il est intéressant de noter si des colonies présentent des nécroses et/ou des signes de maladies. Bien qu'impossible à quantifier pour l'instant, ces informations peuvent se révéler pertinentes pour appréhender un état de santé général du corail. Il est donc recommandé de renseigner l'éventuelle présence de ces signes par un booléen de type observé/non observé, en gardant à l'esprit que la "non-observation" ne correspond pas obligatoirement à une absence. Par contre, en cas de signes notables, un commentaire de l'opérateur peut être associé à l'observation pour indiquer un phénomène d'ampleur inhabituel.

4.2.2. Belt Transect invertébrés

Procédure

Cette méthode est utilisée pour estimer l'abondance des macro-invertébrés benthiques clés.

Le "Belt" (= ceinture) transect correspond à un "couloir", long de 20 mètres, large de 4 mètres et devra être réalisé le long de chacun des sous-échantillons de transect L.I.T, soit 3 fois par station. Le plongeur dédié à la prise de mesures le long du Belt transect, doit disposer d'un tube PVC de 2 mètres de long pour lui permettre d'estimer la largeur du couloir à acquérir. Il nage d'abord à droite du transect initial (LIT) puis, au retour, acquiert l'autre côté du transect. Au final, il aura dénombré les individus sur une largeur de 4 mètres sur 20 mètres de long (Figure 9).

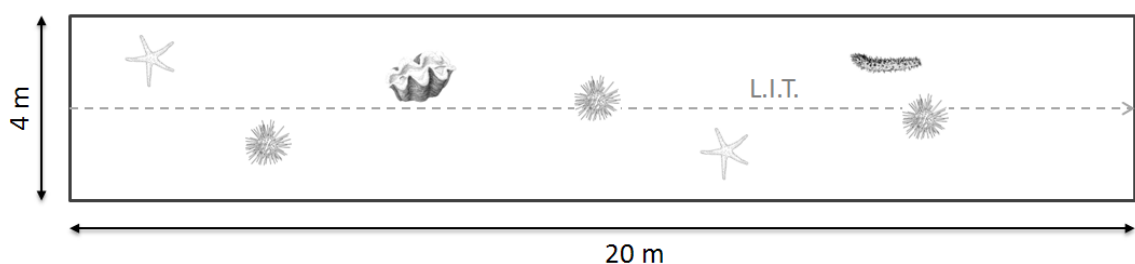


Figure 9 : Schéma du déroulement du Belt transect

Il est important de noter l'absence de données historiques d'observation quantitative des invertébrés benthiques dans les récifs réunionnais. La RNMR a cependant réalisé quelques suivis ponctuels sur les platiers et la première mise en œuvre du RCS en 2015 a permis d'établir une liste des espèces rencontrées sur les pentes externes à La Réunion (cf. liste en annexe 2).

Le dénombrement des invertébrés ne doit pas impacter l'acquisition des autres paramètres. Il doit se concentrer sur les espèces cibles. La liste peut être amenée à évoluer au cours du temps en fonction des besoins et de l'identification de nouvelles espèces ou d'espèces d'intérêt (sentinelles).

La liste des espèces à identifier (annexe 2) se limite :

- aux oursins racleurs en tant qu'indicateurs de résilience,
- aux bénitiers à valeur patrimoniale,
- aux Acanthaster, signe de pression sur le milieu.

Paramètres mesurés

Un exemple de fiche terrain est présenté sur la Figure 10.

Fiche terrain Invertébrés - Belt Transect			
Station :		N° fiche :	
Plongeur :		Date :	
Famille ou Genre Espèce	Sous-Echantillon 1 (Belt-Transect 1)	Sous-Echantillon 2 (Belt-Transect 2)	Sous-Echantillon 3 (Belt-Transect 3)
<i>Sp 1</i>			
<i>Sp 2</i>			
<i>Sp 3</i>			

Figure 10 : Fiche terrain correspondant aux paramètres mesurés par le Belt Transect

4.2.3. Belt Transect poissons

Procédure

Cette méthode est utilisée pour estimer l'abondance et la composition des peuplements de poissons. Elle consiste à compter les espèces de part et d'autre d'un transect de 50 m de long et 5 m de large (2,5 m de part et d'autre du penta-décamètre), à travers 3 réplicats (Figure 11).

L'observateur parcourt le transect, à vitesse constante, en suivant l'axe d'un ruban gradué de 50 m, déroulé au préalable en veillant à ne pas effrayer les poissons.

L'observateur veillera à ne pas compter deux fois le même poisson ou banc de poissons. Le temps d'observation doit être le même de part et d'autre du transect.

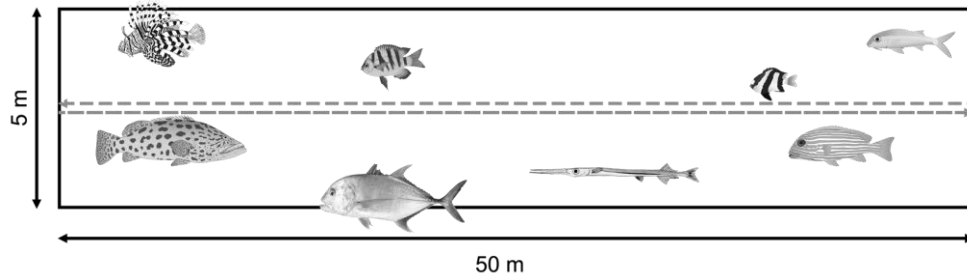


Figure 11: Schéma du déroulement du transect Belt Poisson

Une liste « poisson » commune aux suivis DCE & GCRMN a été définie a minima et validée par les membres du GT Eau Littorale de La Réunion en mars 2022 (Annexe 3). Bien que commune aux deux suivis, il est possible d’avoir certaines années des suivis au niveau « expert » et/ou « exhaustif » pour répondre à d’autres besoins que ceux de la DCE.

Les espèces de la **famille Scaridae** sont très difficiles à différencier sur le terrain, notamment vu la taille des individus à La Réunion. Cette famille jouant un rôle essentiel dans le contrôle des peuplements algaux sur le récif, il est tout de même important d’avoir une estimation de l’abondance et la biomasse (peu importe l’espèce) pour prendre en compte la résilience des récifs coralliens. Une **identification au niveau genre est suffisante**.

ATTENTION : La bancarisation des données devra être réalisée de manière à tracer le protocole suivi et permettre une utilisation sans ambiguïté des données.

Paramètres mesurés

L'observateur compte les différentes espèces de poissons qu'il rencontre et pour chaque poisson rencontré ou banc de poisson, l'estimation de la taille moyenne est notée. Lorsqu'il est difficile de compter, l'observateur estime le nombre d'individus appartenant à la même espèce sous la forme de classe d'abondance (Figure 12).

L'objectif est d'identifier les individus au niveau taxinomique le plus faible possible dans la liste simplifiée.

Fiche terrain Poisson - Belt Transect						
Station :			N° fiche :			
Plongeur :			Date :			
N° Transect	Taxon Famille	Taxon Genre	Taxon Espèce	Abondance (ou classe d'abondance)	Taille moyenne	Remarques

Figure 12 : Fiche terrain correspondant aux paramètres mesurés par les Belt transects - poissons

4.3. Organisation terrain

4.3.1. Déroulement

Une fois arrivé sur site, la fiche "stations" permettant de renseigner les métadonnées concernant le passage (jour d'échantillonnage) doit être complétée (voir chapitre 4.3.2). Une fiche par station est obligatoire, une seule suffit pour les 3 protocoles, LIT, Belt Poisson, et Belt Invertébré, le dernier champ "observateur" est destiné à identifier les opérateurs (plongeurs).

L'exploration d'une station s'effectue obligatoirement avec 2 plongeurs, dénommés ci-après P1 et P2 (une 3^{ème} personne assurant la sécurité surface dans le navire est indispensable).

P1 doit être expert en reconnaissance des coraux et P2 doit savoir identifier les invertébrés vagiles et les poissons ciblés.

Les plongeurs doivent s'organiser de manière à respecter le bon déroulement de chaque protocole (Conand *et al.*, 1998).

Une fois les 2 premiers penta-décamètres déroulés (séparés de 5 m minimum), P1 peut réaliser le L.I.T sur le transect 1 (T1) et P2 peut réaliser le BELT poissons, puis le BELT invertébrés sur T1. Lorsqu'ils ont terminé T1, ils peuvent faire T2, puis enrouler les 2 penta-décamètres pour dérouler T3. Le tout est résumé sur le schéma de la Figure 13.

Chacun doit disposer du matériel nécessaire pour écrire (fiche terrain immergeables et crayons).

En cas de doute :

Si un des 3 plongeurs hésite sur une espèce de poisson, de corail ou d'invertébré rencontrée, une photographie doit être prise sur le terrain et notée sur la fiche "terrain" pour être analysée *a posteriori*, au bureau, ou consulter un expert de la thématique.

ATTENTION :

L'organisation opérationnelle des activités de plongée peut être adaptée dans les limites strictes de la réglementation en vigueur au moment des opérations.

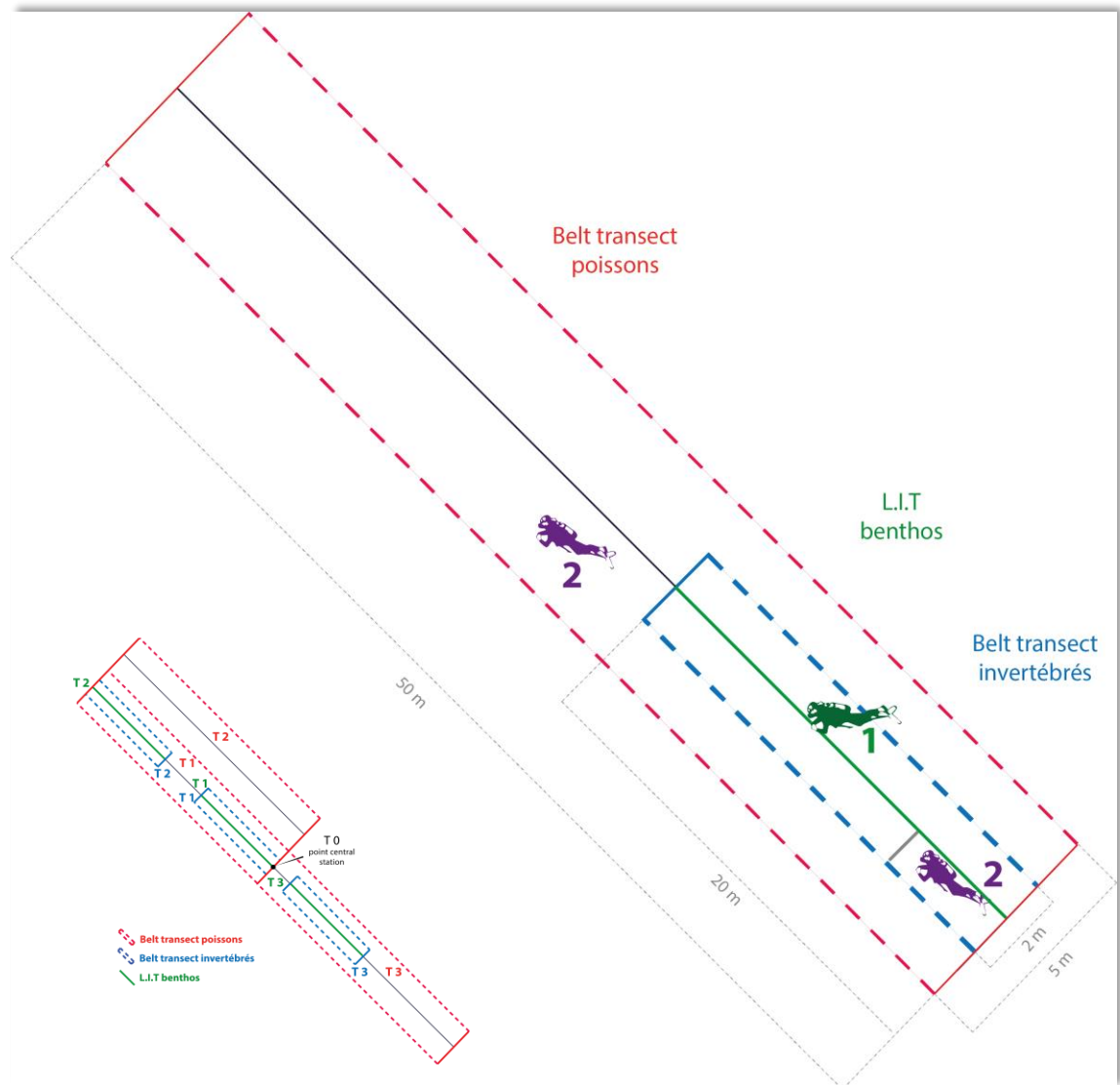


Figure 13 : Schéma de l'organisation de l'échantillonnage le long d'un transect, P1 réalise le LIT et P2 réalise les 2 Belt transect (poissons et invertébrés)

4.3.2. Métadonnées

Etant donné que les observations peuvent être étroitement liées aux conditions météorologiques (courantologie, visibilité, nébulosité, ...), avant chaque plongée, il est indispensable d'évaluer visuellement ces conditions. Il s'agit ici d'avoir une fiche toute prête et de simplement entourer la caractéristique observée.

Tableau 5 : Métadonnées associées à la station

Métadonnées Stations ("Observation" dans BD Récif)			
Nom du site	N° échantillon	Heure début	Heure fin
Date	Température	Profondeur	Longitude (WGS84) Latitude (WGS84)
Nombre	Nom / Contact des observateurs	Commentaires Généraux	
L.I.T. : Belt-invert : Belt-poisson:	L.I.T. : Belt-invert : Belt-poisson :		

Tableau 6 : Feuille de mer compilant les données liées aux conditions météorologiques

Paramètres associés à l'observation (= une date, une station)			
Marées	<input type="checkbox"/> Haute <input type="checkbox"/> Montante <input type="checkbox"/> Basse <input type="checkbox"/> Descendante	<input type="checkbox"/> Pas de marées	Nébulosité
			<input type="checkbox"/> Ciel Clair <input type="checkbox"/> Nuageux <input type="checkbox"/> Couvert <input type="checkbox"/> Très couvert
Courant	<input type="checkbox"/> Nul <input type="checkbox"/> Faible <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Fort	Vent Dominant	Force : <input type="checkbox"/> Brise <input type="checkbox"/> Brise modérée Direction : <input type="checkbox"/> Vent <input type="checkbox"/> Vent fort
Pollution (chimique, physique)	<input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence	Sédiment terrigène	<input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence
		Destruction physique	<input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence
Visibilité (en mètres)	<input type="checkbox"/> Excellente (>18)	<input type="checkbox"/> Bonne (11-18)	<input type="checkbox"/> Assez Bonne (2-10) <input type="checkbox"/> Mauvaise (<2)

5. BANCAISATION ET VALORISATION DES DONNEES

5.1. SI Quadrige et BD Récif

Pour gérer les données de la surveillance du littoral, l'Ifremer a développé le système d'information Quadrige (SI Quadrige), qui associe :

- une **base de données et des applications dédiées à la bancaisation** (Quadrige², BD Récif et DALI),
- une **panoplie d'outils de qualification, d'interprétation et d'élaboration de produits d'information**.

Le SI Quadrige constitue un élément du Système d'Information sur l'Eau (SIEau), et à ce titre, contribue aux travaux du Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE).

Quadrige² et BD Récif assurent plusieurs fonctions qui les rendent indispensables :

- **la bancaisation des données élémentaires** de la surveillance, c'est à dire des résultats d'analyses de l'ensemble des réseaux de surveillance. Cette bancaisation est sécurisée, optimisée, encadrée et évolutive. Il s'agit, dans tous les sens du terme, d'une "banque", avec toute la rigueur de gestion que cela sous-entend,
- **l'interprétation et la valorisation** de la donnée. Dès lors que la donnée est bancaisée et qu'un niveau de qualité lui a été associé, elle devient disponible pour un grand nombre d'applications.

Dans les produits de diffusion/valorisation, on trouve :

- un outil de production d'**indicateurs** pour la DCE,
- un outil de mise à disposition des données pour le grand public via des interfaces cartographiques **SURVAL**, à partir des différents sites de l'Ifremer ou de ses partenaires,
- un outil de création de **bulletins**, qui étend et enrichit l'existant.

Au niveau national, Q² est aujourd'hui désigné par le Ministère en charge de l'Environnement comme le système d'information de référence pour les eaux littorales. A ce titre, il se doit d'alimenter le SIEau et ses outils, dont le Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux de l'OFB (S3E), d'une façon régulière et normalisée. Afin de n'avoir qu'un référentiel unique au niveau national, toutes les données DCE-utiles (milieu marin) sont à bancaiser dans Q².

BD Récif a été développé dans le cadre de la convention tripartite (Etat-IFRECOR/Ifremer/MNHN) signé en 2012. Mise en production au cours du premier semestre 2016, cette application permet d'accueillir les données relatives aux suivis coralliens. BD Récif fonctionne en mode déconnecté et est étroitement lié au système d'information Quadrige (Q²) puisque BD Récif alimente Q². En effet, lorsque les données sont acquises dans le cadre d'un programme national (cas de la DCE), ou plus généralement sur fonds publics, les données doivent être synchronisées avec Quadrige².

5.2. Cycle de de vide des données dans BD Récif

Les informations générales concernant l'utilisation de BD récif sont disponibles sur le site de la cellule d'administration Quadrigé : <https://quadrige.ifremer.fr/support/BD-Recif>.

Sont notamment disponibles : [un manuel utilisateur](#), [des fiches techniques](#), [des vidéos de démonstration](#), ainsi que des [fiches de consignes de saisie](#).

Seules les personnes ayant reçu une formation à BD Récif peuvent saisir des données et les synchroniser avec le système central.

Les programmes et stratégies destinés à recevoir les données sont créés en amont par le responsable de programme.

En fin de saisie, le saisisseur doit "contrôler" sa donnée, ce qui signifie qu'il doit s'assurer de la bonne concordance entre ses fiches terrains et la saisie sous BD Récif. Il est conseillé de procéder à une extraction des données saisies afin de vérifier qu'il n'y ait pas d'éléments aberrants ou d'anomalies dans les données.

La donnée doit ensuite être validée afin d'être synchronisée.

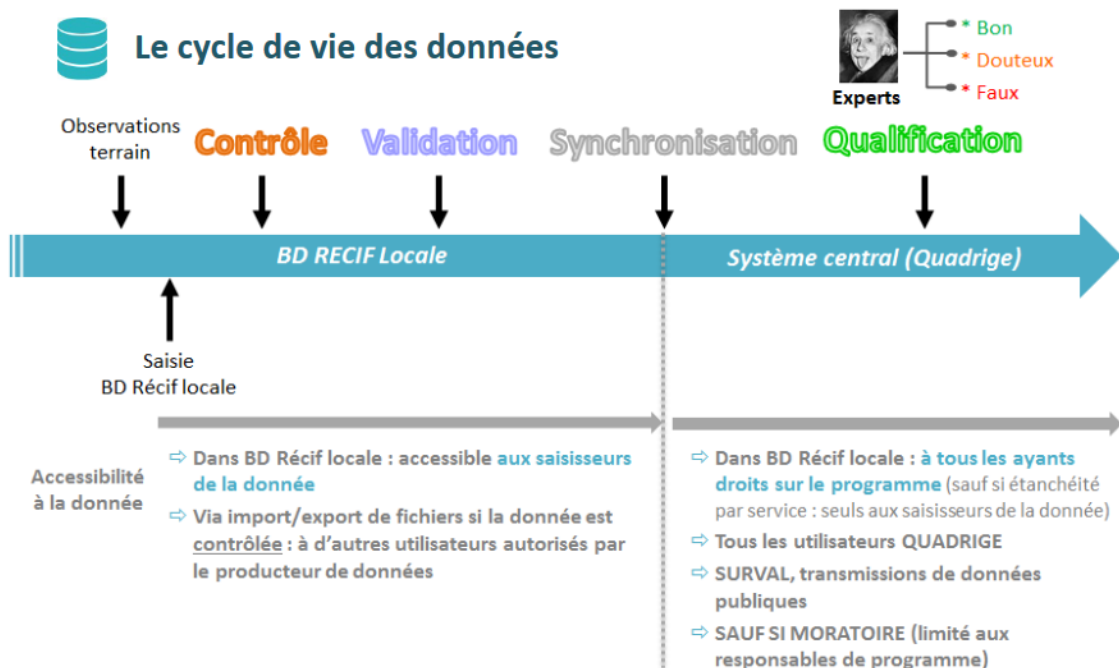


Figure 14 : Cycle de vie des données « SI Quadrigé – BD RECIF »

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Mouquet P., Bajjouk T., Maurel L., Cebeillac A., Le Goff R., Ropert M. (2014). ATLAS des Résultats du traitement des images hyperspectrales et des données Lidar sur les plateformes récifales de La Réunion. <http://dx.doi.org/10.13155/29653>

Bigot L., 2008. Evolution spatio-temporelle de la biodiversité et de la structure des communautés benthiques entre 1998 et 2008 sur les stations sentinelles GCRMN de La Réunion. Rapport ECOMAR pour le compte de APMR 32p + annexes.

Conand C., Chabanet P., Quod J.P. et Bigot L., 1998. Suivi de l'état de santé des récifs coralliens du SW de l'Océan Indien. Manuel méthodologique. Programme Régional Environnement COI : 27 p.

DEAL-Etat/Ifremer/MNHN, 2012/2013. Convention particulière "Elaboration d'une base de données récifs interoperables avec les SI Etat et à l'international, intégrant les informations continues dans CoReMo (BD-RECIF-OI)".

Hill J. et Wilkinson C., 2004. Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs. Version 1. Livre 123 p.

Ifremer/Dyneco, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE.

Le Goff R., Ropert M., Bajjouk T., Bein A., Cambert H., Cebeillac Cuet P., A., Delacourt C., Duval M., Maurel L., Mouquet P., Nicet J.B., Populus J., Quod J.P., Talec P., Turquet J., Vermenot C., Zubia M., Cauvin B., et Pothin K., (Ifremer, Arvam, Université de la Réunion Pareto Ecoconsult, Université de Bretagne Occidentale, Réserve Naturelle Marine de la Réunion, DEAL de la Réunion et Aamp) ; 2012. Projet Bio-Indication à la Réunion : définition d'indicateurs adaptés aux récifs coralliens de la Réunion. Rapport Final 2012. Conventions Onema/Ifremer de 2009 à 2012. RST-DOI 2012-16. 123 p.

Montaggioni L. et Faure G., 1980. Les Récifs Coralliens des Mascareignes : Océan Indien. 143p.

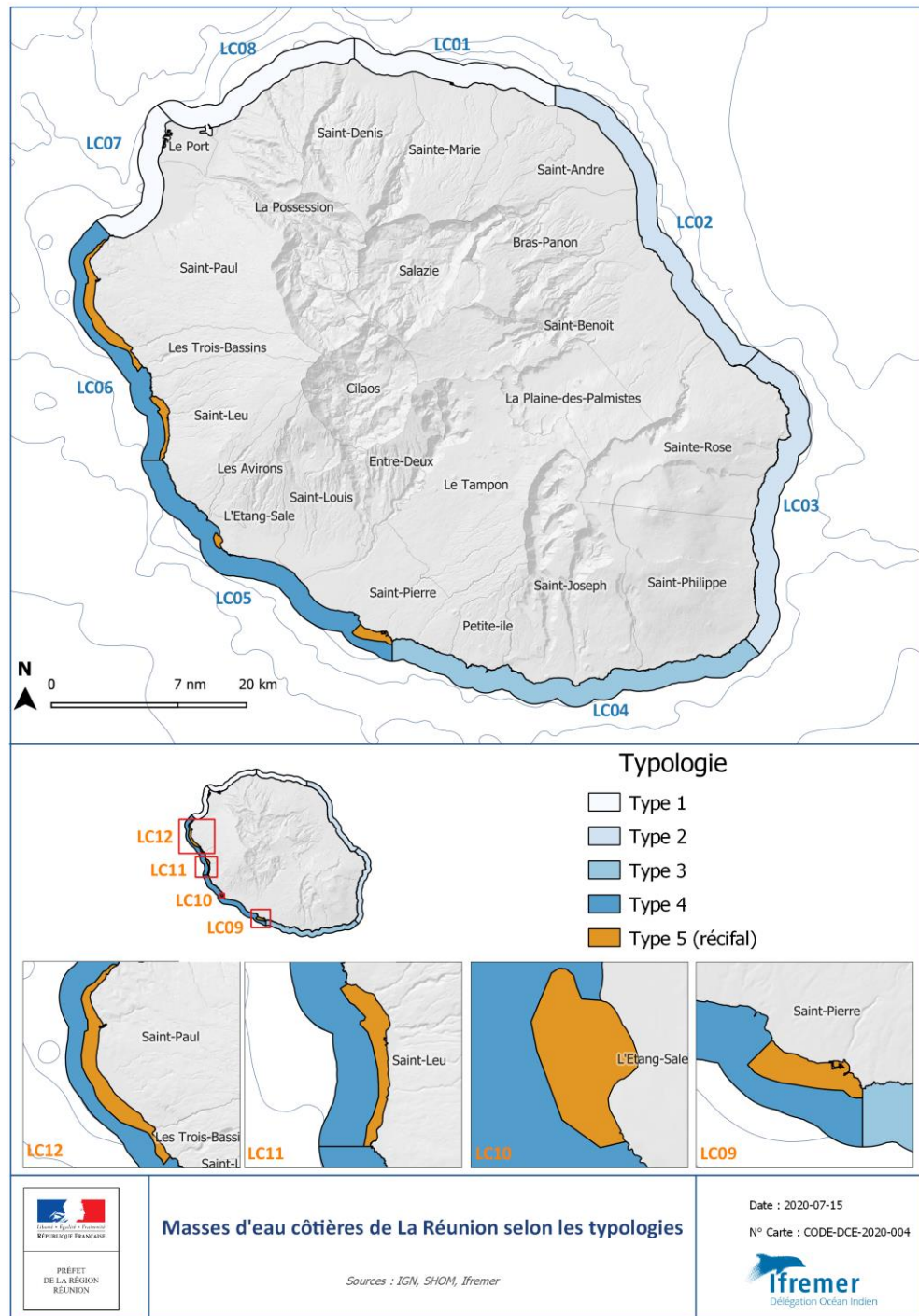
ONEMA, 2012. Compte-rendu Atelier indicateurs benthiques DCE (récifs coralliens et phanérogames) dans les DOM. 18 p + annexes.

Ropert M., Duval M., Gauthier E., Maurel L., Mouquet P., Nicet J.B., Talec P., Vermenot C., Zubia M. et Le Goff R., 2012. Projet "Bon Etat II : actualisation de l'état des lieux du SDAGE, volet eaux côtières réunionnaises. Rapport Final Volume 1. RST-DOI/2012-4.

ANNEXES

Annexe I : Masses d'eau côtières du Bassin de La Réunion

A La Réunion, la délimitation des masses d'eau littorales a été réalisée en lien avec les acteurs locaux, en juin 2004 par l'Ifremer à dire d'expert (Lazure 2004). Suite à l'acquisition de nouvelles données, notamment l'utilisation de la plate-forme de modélisation hydrodynamique Hydrorun dans le cadre du projet "Bon état II", un redécoupage a été effectué et validé. Douze masses d'eau côtières ont été définies dont quatre masses d'eau côtières de type récifal correspondant aux 4 secteurs récifaux majeurs : Saint Gilles, Saint Leu, Etang-Salé et Saint Pierre.



Carte 2 : Masses d'eau côtières de La Réunion selon les typologies

Le classement des masses d'eau côtières du bassin de La Réunion en fonction de leur typologie est présenté Tableau 7.

Tableau 7 : Classement des masses d'eau côtières du bassin de La Réunion en fonction de leur typologie

Typologie	Code Sandre	Nom	Limites	Nature des fonds	Bathymétrie	Hauteur moyenne des vagues	Exposition particulière :	
							houles australes	houles cycloniques
Type 1	FRLC01	Saint-Denis	Barachois - Sainte-Suzanne	Meuble, sablo-vaseux	Petit fond à moyen	Faible	Faible	Forte
	FRLC07	Saint-Paul	Cap La Houssaye - Pointe des Galets					
	FRLC08	Le Port	Pointe des Galets - Barachois					
Type 2	FRLC02	Saint-Benoit	Sainte-Suzanne - Sainte-Rose	Hétérogène	Fond Moyen à Grand	Moyenne	Faible	Moyenne/ Forte
	FRLC03	Volcan	Sainte-Rose - La Porte					
Type 3	FRLC04	Saint-Joseph	La Porte - Pointe du Parc	Basaltique puis sablo-vaseux	Grand Fond	Très forte	Moyenne/ Forte	Moyenne
Type 4	FRLC05	Saint-Louis	Pointe du Parc - Pointe au Sel	Basaltique puis sableux	Fond Moyen	Moyenne à forte	Moyenne/ Forte	Faible/ Moyenne
	FRLC06	Ouest	Pointe au Sel - Cap La Houssaye					
Type 5	FRLC09	Saint-Pierre	Zone récifale - Saint-Pierre	Récif corallien	Petit Fond	Moyenne/ Forte	Moyenne	Faible
	FRLC10	Etang-Salé	Zone récifale - Etang-Salé					
	FRLC11	Saint-Leu	Zone récifale - Saint-Leu					
	FRLC12	Saint-Gilles	Zone récifale - Saint-Gilles					

Annexe II : Liste des espèces d'invertébrés

Tableau 8 : Liste des espèces de macroinvertébrés vagiles devant faire l'objet du suivi Belt Transect (liste établie en GT DCE en février 2017)

Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèces
Asteroidea	Valvatida	Acanthasteridae	Acanthaster	planci
Bivalvia	Cardiida	Cardiidae	Tridacna	
Echinoidea	Diadematoidea	Diadematidae	Diadema	
Echinoidea	Diadematoidea	Diadematidae	Diadema	savignyi
Echinoidea	Camarodonta	Echinometridae	Echinometra	
Echinoidea	Camarodonta	Echinometridae	Echinometra	mathaei
Echinoidea	Camarodonta	Echinometridae	Echinostrephus	molaris
Echinoidea	Diadematoidea	Diadematidae	Echinothrix	calamaris
Echinoidea	Diadematoidea	Diadematidae	Echinothrix	diadema
Echinoidea	Stomopneustoida	Stomopneustidae	Stomopneustes	variolaris
Gastropoda		Turbinidae	Turbo	
Gastropoda		Turbinidae	Turbo	argyrostomus

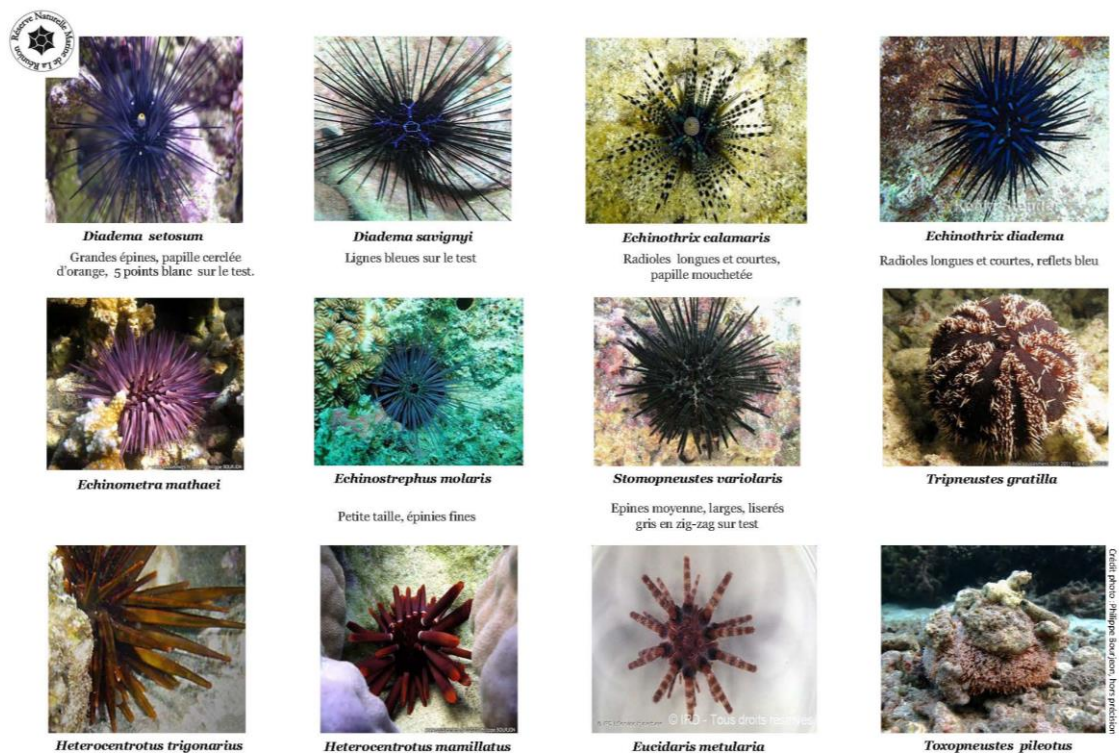


Figure 15 : Fiche de reconnaissance "Oursins" de la Réserve Marine de La Réunion

Annexe III : Liste des espèces de poissons

Tableau 9 : Liste des espèces de poissons devant faire l'objet du suivi Belt Transect
(liste établie en GT DCE mars 2022)

Légende :

Poissons suivis dans le cadre du GCRMN à La Réunion
Poissons suivis dans le cadre du RCS DCE 2017
Poissons communs aux deux liste ci-dessus
Poissons ajoutés

Notes :

- Pour les poissons « perroquets » (famille : Scaridae), l'identification à l'espèce n'est pas nécessaire au-delà des espèces de la liste mais il convient pour les autres espèces de rassembler les éléments au niveau du genre si l'opérateur ne peut identifier l'espèce.
- Pour les requins, la présence avec l'espèce sera à noter dans le commentaire du passage.
- Pour l'identification des poissons, il est possible de se référer à au [site Fishbase](https://www.fishbase.org/).

Famille	Genre	Espèce	APHIA_ID
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus blochii</i>	219639
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus dussumieri</i>	219641
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus mata</i>	219651
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus nigricauda</i>	219626
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	219640
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus polyzona</i>	219652
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus tennentii</i>	219632
Acanthuridae	Acanthurus	<i>Acanthurus triostegus</i>	219630
Acanthuridae	Ctenochaetus	<i>Ctenochaetus striatus</i>	219659
Acanthuridae	Naso	<i>Naso brachycentron</i>	219664
Acanthuridae	Naso	<i>Naso brevirostris</i>	219671
Acanthuridae	Naso	<i>Naso elegans</i>	278005
Acanthuridae	Naso	<i>Naso hexacanthus</i>	219667
Acanthuridae	Naso	<i>Naso tuberosus</i>	219675
Acanthuridae	Naso	<i>Naso unicornis</i>	219668
Balistidae	Balistapus	<i>Balistapus undulatus</i>	219874
Balistidae	Balistoides	<i>Balistoides conspicillum</i>	219876
Balistidae	Balistoides	<i>Balistoides viridescens</i>	219875
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon auriga</i>	218730
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon blackburnii</i>	218757
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon guttatissimus</i>	218722
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon interruptus</i>	273344
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon kleinii</i>	218738
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon lineolatus</i>	218734
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon lunula</i>	218733
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon madagaskariensis</i>	218731
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon melannotus</i>	218743
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon meyeri</i>	218752
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon trifascialis</i>	218719

Famille	Genre	Espèce	APHIA_ID
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	218741
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon vagabundus</i>	218754
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>Chaetodon xanthocephalus</i>	218721
Chaetodontidae	Heniochus	<i>Heniochus acuminatus</i>	218765
Chaetodontidae	Heniochus	<i>Heniochus monoceros</i>	218764
Cirrhitidae	Paracirrhites	<i>Paracirrhites arcatus</i>	218866
Kyphosidae	Kyphosus	<i>Kyphosus cinerascens</i>	218708
Kyphosidae	Kyphosus	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	218706
Lethrinidae	Gnathodentex	<i>Gnathodentex aureolineatus</i>	218574
Lethrinidae	Monotaxis	<i>Monotaxis grandoculis</i>	218584
Lutjanidae	Lutjanus	<i>Lutjanus bengalensis</i>	218484
Lutjanidae	Lutjanus	<i>Lutjanus fulvus</i>	218475
Lutjanidae	Lutjanus	<i>Lutjanus gibbus</i>	218480
Lutjanidae	Lutjanus	<i>Lutjanus kasmira</i>	218482
Lutjanidae	Lutjanus	<i>Lutjanus notatus</i>	218476
Mullidae	Mulloidichthys	<i>Mulloidichthys flavolineatus</i>	218647
Mullidae	Mulloidichthys	<i>Mulloidichthys vanicolensis</i>	218648
Mullidae	Parupeneus	<i>Parupeneus trifasciatus</i>	277826
Pomacentridae	Plectroglyphidodon	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>	212855
Pomacentridae	Plectroglyphidodon	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>	212859
Pomacentridae	Stegastes	<i>Stegastes luteobrunneus</i>	/
Pomacentridae	Stegastes	<i>Stegastes pelicieri</i>	218845
Scaridae	/	/	125557
Scaridae	Chlorurus	/	204543
Scaridae	Chlorurus	<i>Scarus sordidus</i>	219116
Scaridae	Scarus	/	159299
Scaridae	Scarus	<i>Scarus frenatus</i>	219113
Scaridae	Scarus	<i>Scarus ghobban</i>	219127
Scaridae	Scarus	<i>Scarus globiceps</i>	219104
Scaridae	Scarus	<i>Scarus psittacus</i>	219125
Scaridae	Scarus	<i>Scarus scaber</i>	219114
Serranidae	Cephalopholis	<i>Cephalopholis argus</i>	218174
Serranidae	Cephalopholis	<i>Cephalopholis nigripinnis</i>	313075
Serranidae	Cephalopholis	<i>Cephalopholis sonnerati</i>	218183
Serranidae	Epinephelus	<i>Epinephelus fasciatus</i>	218207
Serranidae	Epinephelus	<i>Epinephelus flavocaeruleus</i>	218203
Serranidae	Epinephelus	<i>Epinephelus hexagonatus</i>	218232
Serranidae	Epinephelus	<i>Epinephelus macrospilus</i>	218202
Serranidae	Epinephelus	<i>Epinephelus merra</i>	218228
Serranidae	Epinephelus	<i>Epinephelus tauvina</i>	218205
Serranidae	Variola	<i>Variola louti</i>	218304
Zanclidae	Zanclus	<i>Zanclus cornutus</i>	220083

Annexe IV : Taxons Corail observées depuis 1998 à La Réunion

Données du programme GCRMN-DCE LIT Benthos

Les codes « groupe taxon » (GT) sont définis Figure 6.

Taxon	GT	Taxon	GT	Taxon	GT
Acanthastrea	CE	Astreopora	CE	Echinothrix diadema	OT
	CE		CM		CE
Acanthastrea echinata	CM	Astreopora listeri	CE	Favia	CM
	CS		CM		CS
Acanthastrea hemprichi	CE	Astreopora myriophthalma	CE	Favites	CE
Acanthastrea hillae	CE	Caulastraea	CE		CM
	ACB	Cephalopoda	OT		CS
	ACD	Coelastrea palauensis	CE	Favites abdita	CE
Acropora	ACE		CM		CM
	ACS	Coscinaraea	CE	Favites complanata	CE
	ACT		CE		CM
Acropora abrotanoides	ACB	Coscinaraea monile	CE	Favites flexuosa	CE
	ACE	Cyanobacteria	OT		CM
	ACS	Cyphastrea	CE		CS
Acropora austera	ACB	Cyphastrea chalcidicum	CE	Favites pentagona	CE
	ACD	Cyphastrea microphthalma	CE		CM
Acropora clathrata	ACT		CE		CS
Acropora cytherea	ACT	Cyphastrea serailia	CM	Favites rotundata	CM
Acropora digitifera	ACB	Dendronephtya	SC	Favites vasta	CM
	ACD	Dictyota	FM	Fungia	CM
	ACS		A		R
Acropora florida	ACB	Dipsastraea	CE	Fungia fungites	CM
Acropora gemmifera	ACD		CE		R
Acropora granulosa	ACD	Dipsastraea favus	CM	Galaxaura	HM
	ACB		CS		A
	ACD	Dipsastraea matthaii	CE	Galaxea	CE
Acropora hemprichii	ACE		CM		CM
	ACS		CS	Galaxea astreata	CE
Acropora humilis	ACB	Dipsastraea pallida	CE		CE
	ACD		CM	Galaxea fascicularis	CM
Acropora hyacinthus	ACT		CS		CS
Acropora muricata	ACB	Dipsastraea rotumana	CE	Gardineroseris	CM
	ACB		CM	Gardineroseris planulata	CE
Acropora robusta	ACE	Dipsastraea speciosa	CE		CM
	ACS		CM	Goniastrea	CE
Acropora tenuis	ACB	Echinoidea	OT		CM
	ACD	Echinometra mathaei	OT	Goniastrea edwardsi	CM
Acropora valida	ACB	Echinophyllia	CS		CE
	ACD	Echinophyllia aspera	CE	Goniastrea pectinata	CM
	ACS		CS		CS
Alveopora	CE	Echinophyllia echinata	CE		CE
	CM		CE	Goniastrea retiformis	CM
Asciacea	OT	Echinopora	CF		CS
Astrea annuligera	CE		CM		CE
	CM		CS	Goniastrea stelligera	CM
Astrea curta	CE	Echinopora gemmacea	CE		CS
	CM		CM		

Taxon	GT
Goniopora	CE
	CM
Goniopora djiboutiensis	CS
Goniopora lobata	CB
	CM
Goniopora pedunculata	CB
Goniopora somaliensis	CE
Goniopora tenuidens	CM
Hexacorallia	OT
Holothuroidea	OT
Horastrea indica	CM
Hydnophora	CE
	CM
	CS
Hydnophora exesa	CE
	CM
	CS
Hydnophora microconos	CE
	CM
	CS
Leptastrea	CE
	CM
Leptastrea pruinosa	CE
	CM
Leptastrea transversa	CE
	CM
Leptoria phrygia	CE
	CM
Leptoseris	CE
Leptoseris mycetoseroides	CE
Lobactis scutaria	CM R
Lobophyllia	CE
	CM
Lobophytum	SC
Millepora	CM E
	CM E
Millepora exaesa	CM E
	CM E
Montastraea	CE
	CM
Montipora	CE
	CM
	CS
Montipora aequituberculata	CE
	CF

Taxon	GT
Montipora circumvallata	CE
	CM
	CS
Montipora corbettensis	CS
Montipora floweri	CS
Montipora sp1	CE
Montipora venosa	CE
	CM
	CS
Montipora verrucosa	CS
Montipora verruculosa	CS
Mussidae	CE
	CM
	CS
Pachyseris speciosa	CE
Palythoa	ZO
Paramonastrea peresi	CE
	CM
Pavona	CE
	CF
	CS
Pavona cactus	CF
	CS
Pavona clavus	CM
	CS
Pavona decussata	CF
	CS
Pavona divaricata	CE
	CF
	CS
Pavona duerdeni	CM
Pavona frondifera	CF
Pavona varians	CE
Pavona venosa	CE
	CM
	CS
Platygyra	CE
	CM
	CS
Platygyra daedalea	CE
	CM
	CS
Platygyra pini	CE
	CM
Pocillopora	CB
	CE
	CS
Pocillopora damicornis	CB
	CE
	CS

Taxon	GT
Pocillopora grandis	CS
Pocillopora meandrina	CS
Pocillopora verrucosa	ACS
	CS
Pocillopora woodjonesi	CS
Porites	CE
	CM
	CS
Porites annae	CS
Porites cylindrica	CB
	CS
Porites lobata	CM
	CS
Porites lutea	CE
	CM
	CS
Porites nigrescens	CB
	CS
	CS
Porites rus	CB
	CE
	CF
	CM
	CS
Porites solida	CM
	CS
Psammocora	CE
	CM
	CS
Psammocora contigua	CE
	CS
Psammocora profundacella	CE
	CS
Sarcophyton	SC
Sarcophyton trocheliophorum	SC
Sinularia	SC
Stylocoeniella	CE
Stylocoeniella armata	CE
Stylocoeniella guentheri	CE
Symphyllia	CE
Tridacna	OT
Tridacna sp1	OT
Tridacninae	OT
	CE
	CM
Turbinaria	CS
	CE
Turbinaria mesenterina	CF
Turbinaria peltata	CF
Turbinaria stellulata	CE