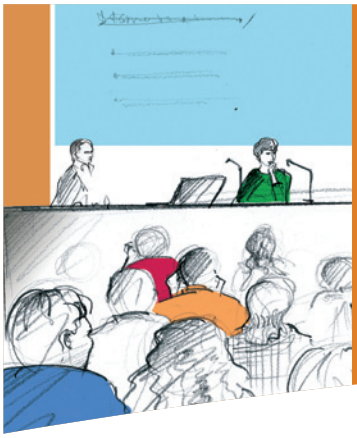
N°28
AOUT
2014



LES
Rencontres
DE L'ONEMA

Bioindicateurs : l'outre-mer à l'heure de la directive cadre sur l'eau

Un séminaire organisé par l'Onema avec l'appui des Offices de l'eau de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique et de la Réunion, ainsi que du Parc naturel marin de Mayotte et de l'OIEau.

Au cours des cinq dernières années, le développement de méthodes de bioindication adaptées aux départements d'outre-mer (DOM) a enregistré de rapides progrès. Le séminaire qui s'est tenu les 20 et 21 mars 2014 à l'Aquarium tropical de la porte Dorée à Paris, a permis de faire le bilan des avancées réalisées… et de ce qu'il reste à accomplir, en vue des prochains cycles de la directive cadre sur l'eau (DCE). Tour d'horizon.

Sur les 11 435 masses d'eau de surface françaises suivies au titre de la directive cadre sur l'eau (DCE), 1 033 sont situées dans les cinq départements tropicaux d'outre-mer – Guadeloupe, Martinique, Guyane française, Réunion et Mayotte, dont 841 pour les seuls cours d'eau de Guyane (Source : Onema, rapportage DCE 2013). Riches d'une biodiversité aquatique remarquable et souvent fragile, notamment en contexte insulaire, ces territoires font depuis cinq ans l'objet d'un effort scientifique soutenu pour la mise au point d'outils de bioindication adaptés à leurs spécificités. Dans cette optique, ce séminaire a permis un large partage d'informations et d'expériences entre scientifiques et gestionnaires locaux des milieux aquatiques : offices de l'eau et directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL) en particulier. L'avancement des travaux, les résultats obtenus et les défis restant à relever ont été précisés, d'un territoire à l'autre, pour chacun des éléments de qualité biologiques (EQB) ciblés par la DCE : phytoplancton, phytobenthos, macrophytes et angiospermes, invertébrés benthiques, poissons ; certains de ces EQB, sans équivalent métropolitain, se déclinant de manière très particulière dans ces territoires tropicaux (benthos récifal, mangrove, macrocrustacés…).

© O. Monnier – Onema

Pascaline Loricourt,
office de l'eau de Guadeloupe

Le séminaire a été un moment très utile de partage de méthodes et de points de vue entre les territoires. Pour l'Office de l'eau de Guadeloupe, qui est encore jeune, ces échanges sont précieux – et encore trop rares, même si nous profitons de l'expérience de nos collègues martiniquais. En matière de bioindication, nous sommes confrontés à des gradients de pression déséquilibrés, avec des bandes côtières perturbées et des têtes de bassin quasi-naturelles. Dans ce contexte, les suivis physico-chimiques des trois années à venir doivent nous permettre de valider le réseau de sites de référence. En parallèle, l'effort de recherche et développement se poursuit. En cours d'eau, l'outil de bioindication généraliste «macro-invertébrés» a donné dès cette année des résultats prometteurs ; l'indice «diatomées» quant à lui devrait livrer des informations complémentaires sur la pression chimique.

Phytoplancton : réseau opérationnel, bioindicateur à adapter

Dans les eaux côtières des cinq DOM, les réseaux de suivi du phytoplancton et des paramètres physico-chimiques associés ont eu l'occasion de se structurer au cours de ces dernières années, dans le cadre des réseaux de contrôle de surveillance DCE (RCS). À la Martinique, héritière des suivis «réseaux phytoplancton» (REPHY) pilotés par l'Ifremer, des campagnes d'échantillonnage régulières ou plus ponctuelles sont dorénavant réalisées sur 15 stations. En Guadeloupe, un suivi similaire est déployé sur 18 stations. À la Réunion, le réseau hydrologique du littoral de la Réunion (RHLR, 13 stations) est le support de suivis trimestriels ou bimensuels. À Mayotte, le RCS, déployé depuis 2008, compte désormais 17 stations. Enfin, en Guyane, une trentaine de sites côtiers ou d'estuaires font l'objet d'un échantillonnage régulier – à raison de huit campagnes par an depuis début 2013. Partout, les différents intervenants soulignent l'importance des aspects méthodologiques pour garantir une bonne qualité des données.

L'intégration des informations récoltées dans la base de données Quadrige[2] (référentiel pour les réseaux de surveillance de l'environnement littoral) est en cours, avec le soutien d'Ifremer et présente des niveaux d'avancement variables : pratiquement terminée à la Réunion, bien avancée dans les Antilles, elle débute à Mayotte et en Guyane. En parallèle, un effort important reste à mener pour exploiter pleinement les données bancarisées. Les premiers résultats d'évaluation pour les Antilles et la Réunion, menés à partir de l'indicateur développé pour la métropole, apparaissent en effet peu représentatifs : pour les deux métriques considérées (biomasse et abondance) il sera nécessaire d'adapter aux contextes ultramarins les seuils délimitant les classes d'état DCE, par une analyse des relations pressions-état. Ces travaux, menés avec l'appui d'Ifremer, devront déboucher sur un ensemble de bioindicateurs validés et opérationnels à l'horizon du 3e cycle DCE (2022-2027), pour les eaux littorales des cinq DOM. Pour mémoire, côté eaux continentales, une étude (Asconit Consultants) menée en 2008 a été complétée en 2010 afin d'évaluer la faisabilité du développement d'un indicateur «phytoplancton» dans les grands cours d'eau de Guyane : les premiers résultats ont confirmé la pertinence de cet EQB et permis de préciser les modalités de sélection des sites à échantillonner.

Poissons du genre *Anableps*, inféodé aux eaux de transition guyanaises

Les diatomées : des indicateurs finalisés pour les cours d'eau

Pour l'EQB «phytobenthos», dont les diatomées sont une des principales composantes, des développements ont été menés pour les cours d'eau de métropole dès les années 1980, aboutissant à différents indices – notamment l'IPS (indice de polluo-sensibilité) et l'indice biologique diatomées (IBD), normalisé et prescrit règlementairement pour répondre aux exigences de la DCE. À la Réunion depuis 2008, et aux Antilles depuis 2009, la mise en œuvre d'échantillonnages complets sur des réseaux de stations désormais structurés a permis l'adaptation de ces indices, suivant la même démarche méthodologique : une analyse statistique des données permet de répartir les espèces de diatomées, selon leur sensibilité à différents paramètres physico-chimiques représentatifs des pressions anthropiques (Figure 1, ci-contre).

Les développements menés localement, qui ont nécessité au préalable un important travail d'identification des taxons (pour partie endémiques), ont conduit les équipes de recherche (Asconit Consultants & Irstea) à développer un indice diatomées Réunion (IDR) et un indice diatomées Antilles (IDA), assortis de classes d'état adaptées. Pour les trois départements concernés, les outils développés ont été validés en vue du deuxième cycle de gestion. À Mayotte, des approches innovantes sont expérimentées – en parallèle des méthodes plus classiques – utilisant notamment des analyses génétiques (barcoding) et l'étude des liens entre phylogénie (le degré de filiation entre taxons) et polluo-sensibilité, sur la base des travaux réalisés en métropole pour cet EQB. Ces travaux ont débuté récemment, dans la perspective du 3e cycle de gestion.

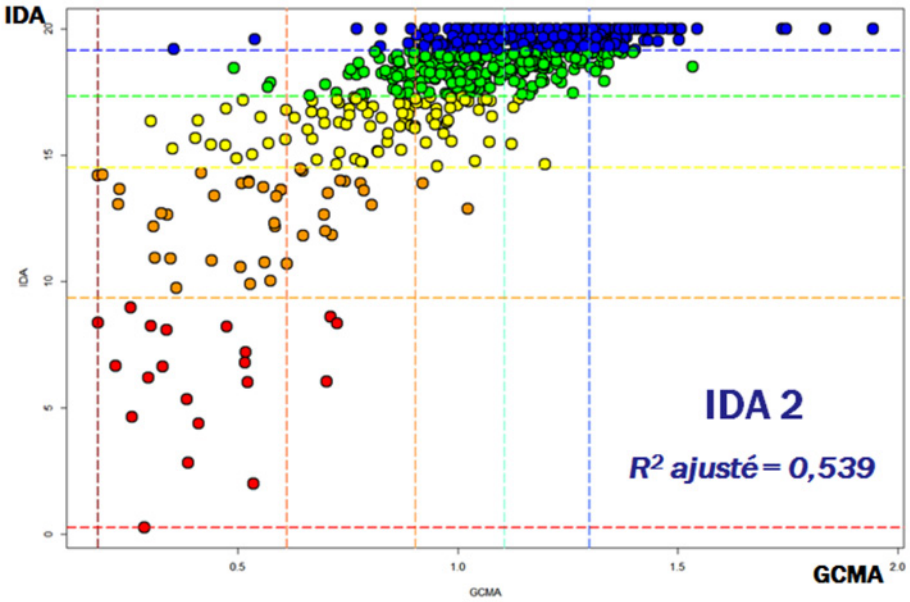


Figure 1 : Réponse de l'indice diatomées Antilles (IDA) au gradient d'anthropisation. La couleur des points, du bleu (très bon état) au rouge (très mauvais état), correspond aux cinq classes d'état de l'évaluation. Ce graphe fait apparaître une relation pression-état non linéaire mais relativement robuste, malgré un certain nombre de points s'écartant de l'alignement. (Source : Asconit Consultants & Irstea).

Concernant les eaux littorales, des recherches sont conduites sur les diatomées des eaux côtières de Martinique (Asconit Consultants & Université de Toulouse). Un important travail d'identification des taxons a été amorcé et un protocole d'échantillonnage sur substrat artificiel, utilisable en routine, a été proposé. D'autres travaux s'intéressent aux diatomées des estuaires guyanais : les résultats présentés (IRD) décrivent les liens entre différents assemblages de diatomées (océaniques, benthiques ou euryhalines) et la dynamique sédimentaire très particulière des estuaires guyanais. Ces travaux ouvrent la porte à la construction d'un indicateur basé sur cet EQB pour les eaux de transition de Guyane, qui concentrent l'essentiel des pressions anthropiques du territoire et sont actuellement dépourvues d'outils de bioindication spécifiques.

Macrophytes : pas de bioindication en eau douce, l'effort se poursuit sur le littoral

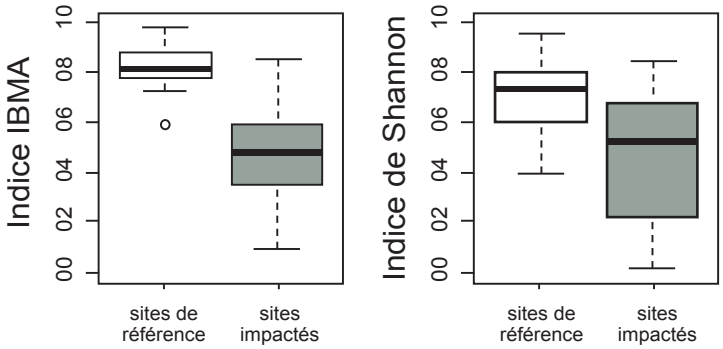
Dans quelle mesure des bioindicateurs bâtis à partir des macrophytes (angiospermes et algues macroscopiques) sont-ils pertinents pour évaluer l'état écologique des cours d'eau des DOM ? La question ainsi posée a motivé une mission de terrain menée par Irstea en 2012 et 2013. Les conclusions de cette mission, appuyées sur l'observation de plus de 160 sites des cinq territoires et de nombreux échanges avec les acteurs et gestionnaires locaux, mettent en évidence les limites de l'utilisation des macrophytes pour l'évaluation de l'état écologique au sens de la DCE dans les DOM. L'étude a notamment relevé la trop faible densité des peuplements observés, des connaissances taxonomiques encore insuffisantes (notamment en Guyane) et la forte prévalence des forçages naturels (cyclones) sur les dégradations anthropiques affectant ces communautés végétales, surtout dans les DOM insulaires. Ce compartiment apparaît cependant potentiellement pertinent pour le suivi des espèces invasives, par le développement de métriques dites «d'alerte» vis-à-vis de cette pression anthropique.

En revanche, pour les eaux littorales des Antilles et de Mayotte, les travaux se poursuivent dans l'optique de disposer

Relevés sur un herbier à phanérogames de la Martinique

Myriam Debris,
DEAL Guyane

Le développement des méthodes de bioindication reste une entreprise ambitieuse dans le contexte guyanais : l'accès à l'eau potable n'est pas toujours assuré et les réseaux d'assainissement souvent insuffisants, au regard de la croissance de la population dans la zone côtière et le long des fleuves. À la faveur de la DCE, plusieurs outils intéressants ont cependant été développés pour les cours d'eau. Notre priorité est maintenant de construire au moins un indicateur robuste pour les masses d'eau de transition, qui concentrent l'essentiel des pressions. Mais nous attendons aussi beaucoup, pour l'évaluation de l'état des eaux, de techniques alternatives à la bioindication : échantillonneurs passifs pour la mesure intégrée des pressions, ou images satellitaires pour le suivi du phytoplancton et de la turbidité des eaux côtières.



	Shannon	IBMA
Efficacité de discrimination	0,63	0,96
Variabilité en conditions de référence (coefficient de variation)	0,22	0,11

Figure 2 : Comparaison des scores obtenus pour l'indice biologique macroinvertébrés des Antilles (IBMA) et l'indice de Shannon, à partir des données biologiques collectées en Martinique. ***L'indice de Shannon est un indice de diversité, utilisé ici comme métrique de diversité biologique*** **(Source : Asconit Consultants & Université de Toulouse).**

d'indicateurs «angiospermes» opérationnels pour le troisième cycle de gestion DCE. Aux Antilles, les sites de surveillance ont été sélectionnés et différents protocoles d'échantillonnage testés. Une typologie des herbiers de Martinique a été dressée (MNHN). Les résultats préliminaires présentés par le groupe de travail national créé en 2011 par l'Onema et le MNHN, soulignent cependant les difficultés et limites de l'exercice : l'évaluation pâtit notamment de l'absence de sites de référence (peu ou pas perturbés), et du manque de données historiques. Le choix des protocoles et des paramètres à mesurer va se poursuivre en 2014, à la lumière des résultats de récentes missions de terrain et des apports de plusieurs études européennes et régionales.

Invertébrés benthiques : des outils validés en cours d'eau

Les travaux sont bien avancés dans le cas des bioindicateurs basés sur les invertébrés benthiques, pour lesquels les équipes de scientifiques ont pu bénéficier des développements menés en Métropole pour «l'indice invertébré multimétriques» (I2M2)[1]. Pour les cours d'eau réunionnais, l'indice Réunion macroinvertébrés (IRM) se compose de huit métriques de densité et de richesse impliquant 29 taxons (CNRS & ARDA). Appliqué aux campagnes d'échantillonnage menées entre 2007 et 2011, il doit cependant être encore amélioré pour une meilleure prise en compte de la variabilité locale des conditions de référence, afin d'obtenir une réponse de l'indice plus discriminante que celle observée actuellement. Pour la Martinique et la Guadeloupe, qui abritent des communautés d'invertébrés assez proches, un indice commun (Asconit Consultants & Université de Toulouse) a été récemment finalisé. Baptisé IBMA (indice biologique macroinvertébrés des Antilles), cet outil généraliste détecte de manière assez robuste les situations impactées, en cohérence avec les exigences de la DCE (Figure 2 ci-dessus).

En Guyane, un indice multimétrique a été développé pour les petits cours d'eau (Hydreco & Université de Toulouse). Suite à un important travail d'identification des taxons, mené sur une centaine de sites, cinq métriques ont été sélectionnées pour cet indice. L'outil, qui sera certainement validé pour le 3e cycle DCE, permettra cependant de livrer des premiers résultats dès le deuxième cycle de gestion. Pour ce qui est de Mayotte, où les travaux sont encore très récents, une première étape a concerné l'identification des taxons, dont de nombreuses espèces endémiques. Sur ce petit territoire, les recherches s'orientent vers l'expérimentation de méthodes innovantes pour la détection des taxons, comme le barcoding (Inra & Ethyco), ainsi que vers l'utilisation de métriques dites «alternatives» (formes de vies et guildes écologiques par exemple) offrant une sensibilité à différents types de pressions.

Par ailleurs, le séminaire a livré les résultats préliminaires de plusieurs études visant à évaluer la pertinence du compartiment «invertébrés marins de substrat meuble» pour les eaux littorales de Guyane (IRD), de la Réunion, de Mayotte (Université de la Réunion) et de Martinique (Université de la Réunion & Impact Mer). Pour les îles, ces travaux, riches d'enseignements sur l'écologie de ces milieux, confirment l'intérêt potentiel mais aussi les défis du développement de tels indicateurs en vue du 3e cycle DCE.

Poissons du genre ***Sicydium*****, caractéristique de la faune des cours d'eau des Antilles**

[1] Un bilan des travaux menés pour le développement des bioindicateurs en métropole a été dressé par l'ouvrage *Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques*, paru en 2013 dans la collection *Rencontres-synthèses* de l'Onema.

Indices poissons : des outils validés pour les cours d'eau de la Réunion et de Guyane

Dans les DOM insulaires, la grande majorité des espèces de poissons sont des migrateurs amphihalins, très sensibles aux altérations hydromorphologiques de la continuité écologique des cours d'eau. Le développement d'outils de bioindication basé sur ce compartiment impose donc un effort de recherche spécifique : comment prendre en compte la forte variabilité des recrutements estuariens (les larves après s'être développées en mer, convergent vers les estuaires pour remonter et coloniser les rivières) ? Comment construire des relations pressions-état pertinentes, en l'absence de site non perturbés au plan de l'hydromorphologie ? Autant de questions auxquelles le groupe de travail national «Amphihalins dans les DOM insulaires», créé en 2014 à l'initiative de l'Onema et du MNHN, s'emploie à répondre pour évaluer la faisabilité du développement de tels indicateurs, à partir d'un bilan des connaissances existantes et d'une synthèse des données sur les communautés et les pressions locales.

Les petits cours d'eau représentent 80 % des masses d'eau de Guyane

Ce groupe de travail organisera un premier séminaire national de réflexion sur ce sujet en décembre 2014. Dans cette attente, et pour le moment, le seul département insulaire à disposer d'un indice «poissons» validé est la Réunion, où existait un réseau de suivi piscicole avant même la mise en œuvre de la DCE. Les travaux sur l'indice Réunion poissons (IRP), initiés dès 2003, ont été mis à jour suite à un programme de recherche réalisé par le CNRS et l'ARDA de 2008 à 2012. Les résultats d'évaluation pour les années 2008 à 2011 ont été présentés lors du séminaire ; ils conduisent par ailleurs à identifier en dehors de l'information qu'ils apportent, plusieurs pistes d'amélioration pour cet indice, dont l'intégration des macro-crustacés et la prise en compte du fort impact potentiel sur les communautés piscicoles de la pression de pêche aux «bichiques» (capture des post-larves lors de leur migration).

La situation est bien sûr très différente pour la Guyane, dont le vaste réseau hydrographique – 110 000 km au total – abrite des centaines d'espèces de poissons, pour certaines encore mal connues. Adapté aux cours d'eau moyens à très grands, l'indice poissons Guyane (IPG) préexistant a été amélioré (Hydreco & IRD) à partir de 2009, notamment par la prise en compte de nouvelles connaissances biologiques et de données complémentaires. Il est désormais opérationnel pour le second cycle DCE. En parallèle, un travail de recherche a été conduit pour la construction d'un bioindicateur adapté aux petits cours d'eau, qui représentent la majorité des masses d'eau guyanaises (environ 80%). Il a livré (Hydreco & Université de Toulouse) des informations précieuses sur les assemblages de poissons de ce type de masses d'eau, mais l'outil proposé reste pour l'heure limité d'utilisation en routine, en l'absence de protocole d'échantillonnage non-impactant pour ces eaux très peu minéralisées, où la pêche électrique est inefficace. Enfin, toujours en Guyane, le cas des masses d'eau estuariennes, dont le fonctionnement et la faune piscicole sont très particuliers, a fait l'objet d'une étude spécifique, qui a conclu à la possibilité de développer un indicateur (Irstea).

Alexandre Moullama,
office de l'eau Réunion

Le développement des bioindicateurs DCE dans les DOM demande un investissement conséquent de la part des offices de l'eau et des scientifiques du bassin, qui doivent combler un manque de données historiques et de connaissances taxonomiques. À la Réunion, nous disposons désormais de plusieurs outils adaptés pour les cours d'eau, qu'il convient d'éprouver. Le principal défi concerne maintenant le suivi des eaux littorales, qui concentrent la majeure partie des pollutions avec des gradients de pression peu étendus. Pour des compartiments comme le phytoplancton ou le benthos de substrat meuble et dur, nous devons progresser sur la compréhension des liens pressions-état afin d'identifier des métriques qui répondent bien à une pression donnée : cela appelle un effort supplémentaire de recherche et développement.

Benthos récifal : un groupe de travail national et un débat de fond

Les récifs coralliens sont des écosystèmes emblématiques des côtes de la Réunion, des Antilles et plus encore de Mayotte. Pour ces territoires, la prise en compte attendue de l'EQB «invertébrés benthiques» conduit à envisager le développement de bioindicateurs DCE-compatibles à partir de ces communautés d'un grand intérêt patrimonial, objet depuis longtemps de nombreux travaux scientifiques. Un bilan de différents travaux menés en ce sens sur les quatre DOM insulaires a été présenté lors du séminaire. À la Réunion, où quatre masses d'eau côtières (sur 12) sont de type récifal, il a été proposé (Ifremer) de construire trois indicateurs distincts, correspondant respectivement aux macro-algues, aux peuplements du platier (zone de faible profondeur du récif corallien, en retrait de la pente externe) et aux peuplements de la pente externe du récif. Pour cette dernière, un premier

indice a été bâti à partir de la vitalité corallienne (le pourcentage de surface de coraux sur le substrat potentiellement colonisable) (Tableau 1).

Des résultats préliminaires assortis de préconisations ont également été présentés pour Mayotte, dont les eaux côtières abritent une grande variété de récifs (PNMM & Pareto), et pour les Antilles, où a été mené un examen statistique des éléments mesurés depuis 2007 (Impact Mer & Pareto). Dans la perspective des suivis DCE, ces travaux bénéficient également des prescriptions méthodologiques du groupe de travail national «herbiers et benthos récifal», créé en 2011 par l'Onema et le MNHN, pour préciser et harmoniser les orientations méthodologiques du développement de tels indicateurs. Le débat reste cependant ouvert quant à la pertinence d'indicateurs basés sur les systèmes coralliens dans le cadre de la DCE : certains intervenants pointent la très forte influence de forçages naturels ou liés au changement global (cyclones, phénomène de blanchiment) et des temps de résilience très longs de ces systèmes. Ces caractéristiques peuvent être incompatibles avec la mise au point d'indicateurs répondant à des objectifs de gestion à pas de temps relativement court, en lien avec la réduction des pressions anthropiques locales.

L'ensemble des travaux et des résultats présentés au cours de ces deux journées, ponctuées de débats très riches, témoigne de la forte mobilisation de la communauté scientifique et des acteurs de l'eau pour le développement d'outils de bioindication adaptés aux exigences et aux spécificités de l'outre-mer. En seulement quelques années, et partant souvent d'un historique de données et d'une disponibilité de connaissances limités, des dizaines de projets de recherche partenariaux ont été menés, générant d'importantes avancées et permettant d'orienter efficacement les modalités de gestion des milieux tout en respectant le cadre fixé par la DCE. Huit des outils produits à ce jour sont validés pour le second cycle DCE (2016-2021) ; d'autres doivent encore être confortés ou affinés en vue du cycle suivant. L'effort national pour le développement de ces outils et leur transfert sur le terrain doit plus que jamais être poursuivi : au-delà des impératifs du rapportage réglementaire, la bioindication constitue un levier puissant pour le suivi et la restauration des milieux aquatiques d'outre-mer par les gestionnaires locaux ; elle permet par ailleurs d'identifier des enjeux de conservation de la biodiversité, qui reste un défi majeur dans ces territoires. ■

Tableau 1 : Paramètres et métriques retenus pour la Réunion par le groupe de travail DCE «benthos récifal». En bleu : paramètres «améliorants» ; en rose : paramètres «déclassants» ; ACT : Acropores tabulaires ; ACB : Acropores branchus ; CAC : coraux Acropores (Source : Ifremer).

Paramètre	Métrique
Recouvrement en Corail Vivant	**Vitalité coralienne :** vitalité (%) sur substrat dur (colonisable)
Recouvrement en Acropores	**%CAC :** part d'acropores sur le corail vivant
Recouvrement en ACT+ACB	**%ACB+ACT :** part d'ACT+ABC au sein des acropores
Recouvrement en Algues dressées	**% Algues dressées :** part des algues dressées sur le substrat disponible (%)
Recouvrement en Algues Calcaires	**% Algues calcaires :** part des algues calcaires sur le substrat disponible (%)
Recouvrement en Corail mou	**% Corail Mou :** vitalité de corail mou (%) sur le substrat disponible (%)

Récif frangeant de la Réunion. Un littoral soumis à de fortes pressions

Pour en savoir plus

www.onema.fr

www.oieau.fr

Synthèse du séminaire à paraitre : http://www.onema.fr/collection-les-rencontres-syntheses

Organisation du séminaire

Olivier Monnier, DAST, chargé de mission «Fonctionnement des écosystèmes d'outre-mer»

Yorick Reyjol, DAST, chargé de mission «Evaluation biologique des écosystèmes aquatiques»

Marie-Claude Ximénès, DAST, chargée de mission «Eaux littorales»

Dominique Hauw, assistante de direction, pôle écohydraulique Onema-Irstea-IMFT

LES Rencontres DE L'ONEMA

Directrice de publication : Elisabeth Dupont Kerlan
Coordination : Véronique Barre (direction de l'action scientifique et technique) et Claire Roussel (délégation à l'information et la communication)
Rédaction : Laurent Basilico, Olivier Monnier et Yorick Reyjol
Secrétariat de rédaction : Béatrice Gentil, délégation à l'information et la communication
Maquette : Eclats Graphiques
Réalisation : Bluelife
Impression : IME
Impression sur papier issu de forêts gérées durablement :
Onema : 5 Square Félix Nadar - 94300 Vincennes
Disponible sur : http://www.onema.fr/Les-rencontres-de-l-Onema