

Départements d'outre-mer insulaires : vers une bioindication basée sur les migrateurs amphihalins

Séminaires organisés par le Muséum national d'Histoire naturelle et l'Onema.

La construction d'un outil de bioindication, pour l'évaluation de l'état écologique dans le cadre de la directive cadre sur l'eau, basé sur les poissons et macrocrustacés des rivières des Antilles, de La Réunion et de Mayotte est souhaitable et possible. C'est le grand enseignement de l'expertise menée par le groupe de travail « amphihalins dans les DOM insulaires ». Cette expertise, forte d'une année de réunions et de travaux, s'est conclue par des journées d'échanges techniques à la station de biologie marine de Concarneau en décembre 2014 et par un séminaire de restitution à Paris en mars 2015. État des lieux et perspectives.

En Martinique, en Guadeloupe, à La Réunion et à Mayotte, au moins 90 % des espèces de poissons et de macrocrustacés des cours d'eau sont migrateurs (ou amphihalins). Dans ces départements d'outre-mer (DOM) insulaires comme en métropole, les poissons constituent également, *a priori*, l'un des éléments de qualité biologique (EQB) à partir desquels doivent s'effectuer la surveillance et l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau au sens de la directive cadre sur l'eau (DCE).

Pourtant, alors que l'effort de recherche et développement mené dans les DOM depuis 2008 a permis le développement d'un ensemble d'indicateurs validés (Réunion, Antilles) ou en cours de développement (Mayotte) pour les autres EQB pertinents, diatomées et invertébrés benthiques¹, la boîte à outils reste aujourd'hui peu garnie pour l'EQB poissons : en 2015, seule



Migrateurs amphihalins d'une rivière de Martinique. Poisson du genre *Sycidium* et crustacés du genre *Atya*.

La Réunion dispose d'un premier outil avec l'Indice Réunion Poisson (IRP). La raison première tient à la biologie

particulière des espèces concernées, peu étudiées jusqu'à une période récente : des « colle-roche » du genre *Sycidium*

¹ L'EQB « macrophytes » a été jugé non pertinent pour les DOM insulaires, tandis que l'EQB phytoplancton n'est pas requis en l'absence de très grands cours d'eau.

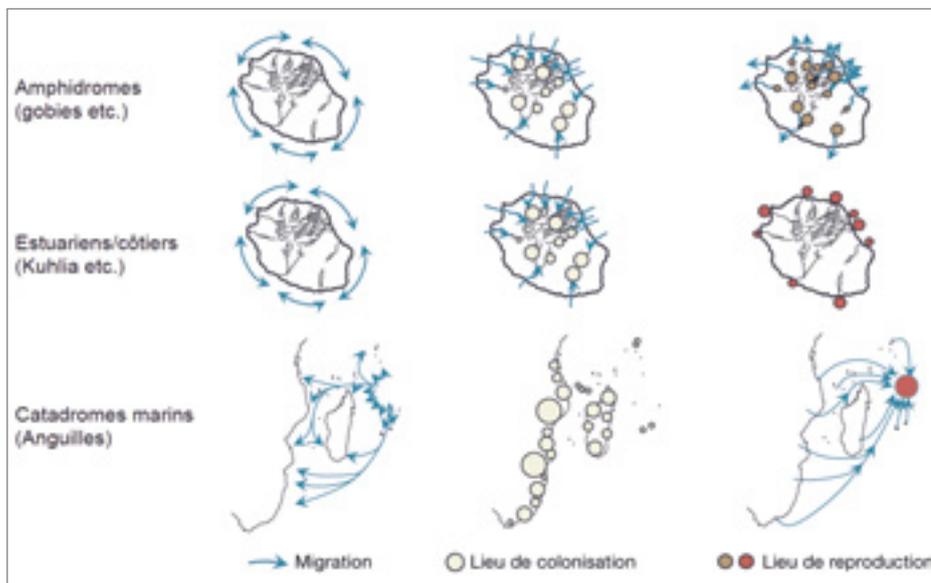


Figure 1. Cycles de vie des poissons et macrocrustacés natifs de La Réunion, d'après Robinet (2004).

des Antilles aux anguilles de l'espèce *Anguilla marmorata* de l'Océan Indien, toutes ont en commun de connaître une phase marine obligatoire dans leur cycle de vie pour la reproduction ou la croissance des larves avant qu'elles ne colonisent les bassins versants (Figure 1).

Ce caractère amphihalal, c'est-à-dire migrateur entre mer et rivières, constitue bien sûr une difficulté du point de vue de la bioindication : le recrutement en juvéniles provient de la mer et ne dépend pas uniquement de l'état écologique des rivières. Par ailleurs, les crues cycloniques induisent naturellement de fortes variations intra- et inter-annuelles dans les peuplements. En revanche, ces mêmes espèces, réparties de l'embouchure aux têtes de bassin, présentent un intérêt pour l'évaluation de l'état écologique du fait de leur sensibilité potentielle aux altérations de la continuité écologique des cours d'eau et de la qualité des habitats.

Quelles métriques faudrait-il retenir pour construire un tel outil ? Quelles sont les connaissances à acquérir, les méthodes à développer dans cette perspective ? Et quelle serait la meilleure stratégie pour y parvenir, en lien avec les structures locales ?

Ces questions ont été à l'origine de la création, début 2014, du groupe de travail (GT) « Amphihalalins dans les DOM insulaires »². Après une année de travaux préparatoires, jalonnée de rencontres avec les gestionnaires et experts locaux de chaque DOM, et de réunions du groupe d'experts sur les paramètres et les pistes de métriques, le GT s'est retrouvé en décembre 2014 pour deux journées d'atelier à la station de biologie marine de Concarneau, avant de présenter ses premières conclusions à l'occasion du séminaire inter-DOM organisé par l'Onema à Paris en mars dernier.

Une bioindication pertinente et faisable

Premier enseignement majeur de l'étude : à la question de la pertinence DCE de ce compartiment, le GT répond nettement par l'affirmative, pour les quatre DOM. Les données disponibles sont notamment issues des suivis menés sur les réseaux DCE depuis le milieu des années 2000, mais aussi sur des réseaux plus anciens, comme le réseau piscicole de La Réunion ou le réseau du Parc national de Guadeloupe. À la lueur de ces données et des connaissances actuelles sur l'écologie des espèces concernées, les contributeurs soulignent l'intérêt de disposer d'indicateurs basés sur cette macrofaune mobile. Certaines métriques seront en mesure de refléter l'impact des pressions sur la continuité écologique et la qualité des habitats – fournissant ainsi une évaluation complémentaire à celle des autres compartiments biologiques.

Au total, une quinzaine d'espèces-index potentielles (dont six crustacés) ont été identifiées (Tableau 1). Elles présentent le double avantage d'une répartition de l'amont à l'aval des cours d'eau et de posséder des traits de vie variés. Pour chaque île, ces espèces constituent de surcroît une diversité spécifique suffisante pour présenter des espèces sensibles et d'autres tolérantes aux pressions.

Dans ses recommandations générales, le groupe estime également que la construction de tels outils est réalisable en quelques années, en vue du 3^e cycle d'évaluation DCE (2022-2027). Les écueils déjà mentionnés – recrutement

Un groupe de travail national pour statuer

Dans ces conditions, est-il pertinent de développer un indicateur DCE basé sur ce compartiment pour les DOM insulaires ?

Tableau 1. Espèces-index pressenties pour chaque DOM insulaire

	Guadeloupe et Martinique	Mayotte	La Réunion
Poissons	<i>Sicydium punctatum</i> <i>Eleotris perniger</i> <i>Agonostomus monticola</i>	<i>Anguilla marmorata</i> <i>Kuhlia rupestris / K. sauvagii</i> <i>Eleotris fusca</i>	<i>Sicyopterus lagocephalus</i> <i>Cotylopus acutipinnis</i> <i>Awaous commersoni</i> <i>Anguilla marmorata</i> <i>Kuhlia rupestris / K. sauvagii</i> <i>Eleotris fusca</i>
Macrocrustacés	<i>Atya innocuus</i> <i>Macrobrachium faustinum</i> (Guadeloupe) <i>Macrobrachium heterochirus</i> (Martinique)	<i>Atyoida serrata</i> <i>Caridina longirostris</i> <i>Macrobrachium australe</i>	<i>Atyoida serrata</i> <i>Macrobrachium australe</i>

² Animé par Tony Robinet, assisté de Julien Ringelstein (MNHN), ce groupe a réuni des scientifiques de l'Université des Antilles (Dominique Monti), de l'Arda (Association réunionnaise de développement de l'aquaculture, Nils Teichert et Raphaël Lagarde), et des gestionnaires du Parc national de Guadeloupe (Marie Robert) et de l'Onema (Olivier Monnier).

Marie Robert, Parc national de Guadeloupe

Le développement d'un outil de bioindication basé sur les poissons et les macrocrustacés répond à une vraie attente pour la Guadeloupe, où manque une méthode solide pour évaluer les pressions sur l'hydromorphologie et la continuité écologique. Pour un organisme gestionnaire comme le Parc national, il sera utile pour orienter les actions de restauration ou de préservation des écosystèmes en danger.

Il est cependant essentiel que ce futur outil reste assez simple d'emploi, et puisse être mis en œuvre sans augmentation de la fréquence des campagnes d'échantillonnage.

Par ailleurs, différents travaux sur la biologie des espèces amphihalines des Antilles, basés sur des pêches scientifiques menées depuis les années 1980, dorment aujourd'hui dans les tiroirs : il y aurait beaucoup à gagner à ré-exploiter ces données, par exemple pour la définition des conditions de référence !

estuarien partiellement indépendant de l'état des cours d'eau et influence des crues cycloniques – apparaissent surmontables. Pour ce faire, il est recommandé :

- d'exclure de la plupart des métriques les jeunes recrues ;
- de caler les échantillonnages sur une saison index correspondant à la fin des étiages dans chaque île ;
- de prendre en compte autant que possible l'historique des crues des mois précédant l'échantillonnage ;
- enfin, de combler les lacunes dans la connaissance des niches écologiques des espèces, en particulier par des travaux ciblés sur les relations habitats-espèces, sur la phénologie des dévalaisons larvaires et sur la taxinomie des très jeunes stades.

Conditions de référence : la préservation des fonctions écologiques

Comme souvent dans les DOM insulaires, une autre difficulté du développement d'indicateurs concerne la définition des conditions de référence. En raison de l'omniprésence de pressions à l'aval des cours d'eau – pêcheries de bichiques à La Réunion, captages d'eau et artificialisation aux Antilles, pressions chimiques à Mayotte... – aucune station existante ne peut être considérée comme donnant l'état de référence pour les espèces amphihalines.

Cette situation, prévue par la DCE, conduit le GT à définir par expertise les

conditions de référence comme celles permettant la préservation des fonctions écologiques, à savoir :

- la migration et la libre circulation des espèces (affectées par les atteintes à la continuité écologique) ;
- la croissance et la survie des individus (menacées par les stress chimique et biologique, la compétition des espèces non natives, les prélèvements d'eau et la dégradation des habitats) ;
- et enfin la reproduction, conditionnée par la qualité et la quantité des habitats.

Des progrès rapides sont réalisés pour une approche quantifiée de ces conditions, à la faveur notamment de travaux menés en écologie aquatique à Porto Rico ou à la Dominique (où des situations de référence existent). La recherche de données historiques locales permettra de compléter l'analyse.

Quatre familles de métriques potentielles

En vue de la construction d'indicateurs utilisables en routine dans le cadre de la DCE, le GT a proposé un ensemble d'une dizaine de métriques biologiques potentielles, réparties en quatre groupes (Tableau 2).

Pour chaque groupe de métriques, les contributeurs ont précisé les conditions

Tableau 2. Vue d'ensemble des métriques proposées pour la construction d'un outil de bioindication « amphihalins », définition des conditions de référence associées à chaque métrique et pressions auxquelles ces métriques sont susceptibles de répondre.

Types de métriques	Métriques potentielles	Conditions de référence associées aux métriques	Pressions visées				
			Compétition espèce non native	Atteinte continuité écologique	Modification des habitats	Mortalités anthropiques	Pressions chimiques
Typologie des peuplements	(plusieurs métriques à préciser ultérieurement)	Les assemblages d'espèces sont naturels dans chaque secteur typologique	•	•	•	•	?
Structure en tailles	Front de colonisation	Les recrues accèdent librement aux habitats de croissance	•	•	•	•	?
	Distribution longitudinale des tailles	La répartition des tailles le long du bassin n'est pas perturbée par des obstacles	•	•	•	•	?
	Amortissement des cohortes (Z)	Les abondances par classe de taille sont conformes au potentiel d'accueil naturel du secteur typologique	•	•	•	•	?
	Proportion de reproducteurs	Les populations locales montrent une proportion de reproducteurs en conformité avec le potentiel naturel du secteur typologique	•	•	•	•	?
État sanitaire	Charge parasitaire, virale, bactérienne et en contaminants chimiques	L'état sanitaire des populations n'est pas significativement altéré par les activités humaines					?
Production larvaire	Abondance en larves dévalantes	La masse d'eau participe à la reproduction des espèces en conformité avec son potentiel écologique	•	•	•	•	?

Z : indicateur de la mortalité. La mortalité induit une diminution des effectifs au fil des générations (cohortes).

L'Office a suivi avec intérêt les rendus du groupe de travail. Ils nous livrent des éléments importants pour ajuster l'outil existant à La Réunion, développé à la faveur d'un effort de recherche mené entre 2008 et 2014. Sur la pêche estuarienne, non prise en compte aujourd'hui, une action de la Deal est en cours afin de libérer partiellement de cette pression une embouchure et étudier les réponses de l'ichtyofaune – notamment pour mieux définir les conditions de référence. La prise en compte des macrocrustacés dans l'indice apparaît également souhaitable, et pourrait être intégrée aux nouveaux suivis programmés en 2017-2018. Enfin, au plan scientifique, des recherches complémentaires nous semblent nécessaires pour mieux comprendre ce qui se passe lors des phases marines de la vie des espèces.

de référence correspondantes, et identifié les connaissances sur la biologie des espèces et les données à collecter sur les pressions incriminées. Les méthodologies et les protocoles à développer pour acquérir les données nécessaires sont détaillés dans le rapport de synthèse du GT, ainsi que les améliorations à apporter aux suivis existants.

Les métriques liées à la typologie des peuplements forment le groupe potentiellement le plus important (en nombre). Elles tirent leur principe des indices d'intégrité biotique initiés par J. R. Karr aux États-Unis à partir des années 1980. Adaptées aux assemblages locaux, elles seront basées sur les abondances spécifiques, sans doute à l'exclusion des stades juvéniles.

Pour ces métriques, les conditions de référence devront être modélisées en se basant sur les données actuelles, historiques, et sur les connaissances disponibles sur des îles proches. Les connaissances sur la biologie des espèces devront être complétées, pour préciser notamment leurs préférences d'habitats (par espèce et par taille), leur sensibilité à la qualité de l'habitat ou de l'eau, ainsi que leurs capacités de franchissement respectives.

L'utilisation de métriques concernant la structure en taille des espèces-index (comme approche de la structuration démographique) implique de mesurer un nombre suffisamment important d'individus lors des échantillonnages. Par ailleurs, elle suppose des avancées dans la connaissance de la biologie des espèces-index. Par exemple, le calcul de la diminution des effectifs par mortalité au fil des générations (amortissement des cohortes, Figure 2 p. 5) demande d'avoir

accès aux taux de croissance minimal et maximal en milieu naturel – et idéalement, de disposer d'une relation fiable donnant l'âge en fonction de la taille. Dans cette optique, des données précieuses ont notamment été récoltées en 2014, à la faveur d'une campagne d'échantillonnage menée aux Antilles dans le cadre de la stratégie nationale pour les poissons migrateurs (Stranapomi). Des pêches électriques ont été réalisées en mai et en novembre sur deux rivières, débouchant sur un recensement des espèces en présence/absence, en abondance et en taille.

Des travaux de ce type fournissent des éléments précieux pour les espèces-index du futur indicateur. Ils devront être poursuivis et étendus à d'autres cours d'eau pour apporter des réponses aux questions écologiques que posent les métriques de structure de taille : notamment, les relations habitat-espèce-stade, les effets de

densité-dépendance, ou les relations entre franchissabilité des obstacles et taille individuelle chez les espèces index.

Les métriques de production larvaires seront basées sur l'abondance et la diversité des embryons libres qui quittent le cours d'eau pour réaliser leur croissance en mer. Elles nécessiteront de consolider les connaissances biologiques permettant l'identification à l'espèce des larves de poissons et de crustacés, et de préciser localement les périodes de dévalaison des espèces, pendant l'année mais aussi au cours d'une journée.

Au plan méthodologique, le groupe de travail estime que ces acquis pourraient déboucher sur un protocole d'identification et de comptage simplifié. Dans cette optique, les nouvelles méthodes de séquençage (ADN environnemental) pourraient constituer une approche pertinente. Ces métriques de production larvaire, pour lesquelles aucun suivi n'est réalisé actuellement, sont susceptibles de fournir l'indication la plus intégrée de l'état des rivières.

A contrario, **les métriques liées à l'état sanitaire des espèces-index** ont la particularité d'être les seules à refléter spécifiquement les pressions chimiques. Leur mise au point nécessitera cependant des développements particuliers.

Le GT a listé un ensemble d'effets pathogènes (lésions organiques, perturbations endocriniennes, troubles



Poissons du genre *Kuhlia*, migrants amphihalins des rivières de Mayotte.

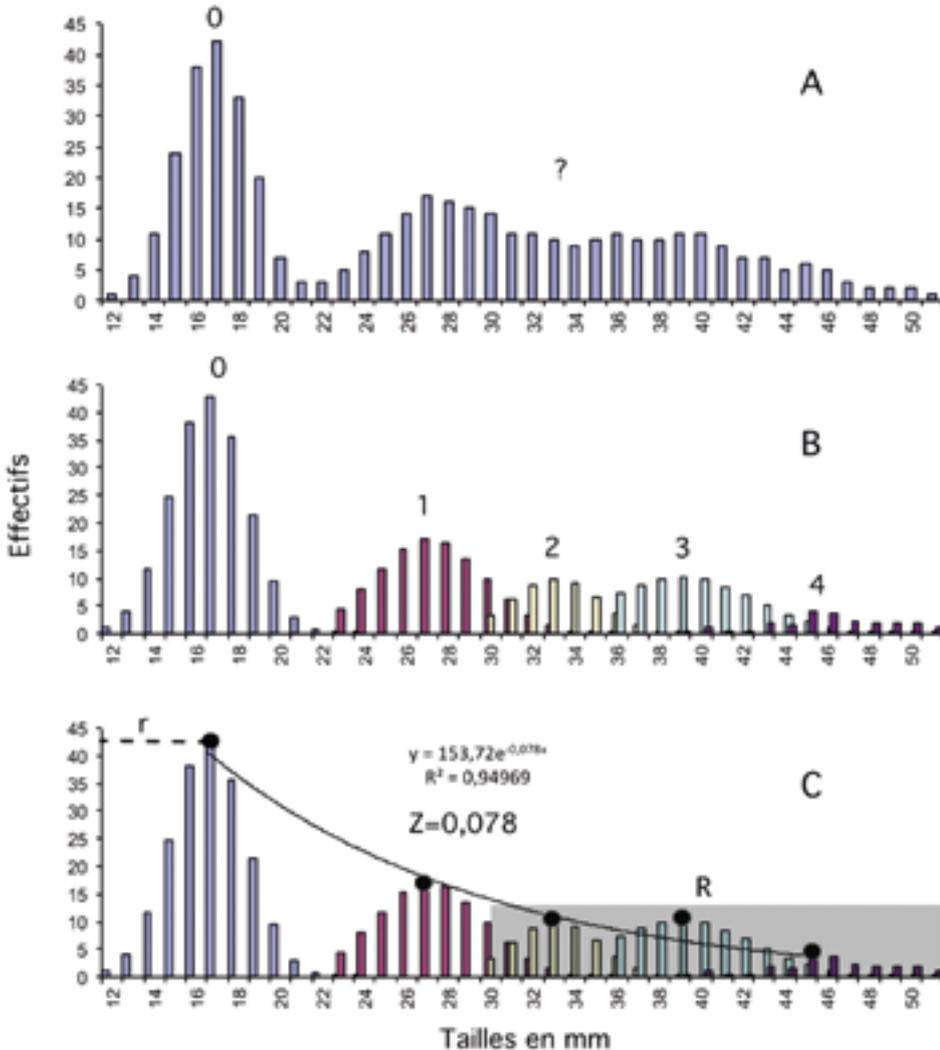


Figure 2. Exemple de structure en taille d'une espèce-index fictive pour une station donnée, établie à partir de la mesure de 439 individus.

En (A), la première cohorte ou génération (notée 0) est clairement visible, en revanche les cohortes suivantes sont imbriquées en raison des différences de croissances entre individus.
 En (B), après décomposition par la méthode de Bhattacharya (1967), les autres cohortes sont maintenant visibles (notées 1 à 4 ; chaque couleur correspond à une cohorte).
 Ceci permet le calcul des différents paramètres en (C) : r (niveau de recrutement), R (abondance des reproducteurs ; zone grisée), Z (indicateur de la mortalité).

comportementaux, stress métabolique...) et leurs manifestations associées, dont une majorité ne peut être mise en évidence qu'en laboratoire.

Face à cette difficulté, il recommande la construction d'une métrique sanitaire à partir de l'observation directe des lésions et des parasitoses externes, à réaliser

sur les spécimens vivants (« codes pathologie » de Patrick Girard et Pierre Elie). Une seconde métrique, plus facile d'accès, serait fournie par le coefficient de condition corporelle (rapport de la masse sur le cube de la longueur du poisson), considéré comme un bon indicateur global de l'état sanitaire d'un individu.

Les protocoles d'acquisition de données devront être ajustés pour permettre le calcul de ces métriques en outre-mer, en prévoyant notamment la photographie des individus malades et le pesage d'un petit nombre d'individus chez les espèces-index.

Un suivi des pressions à compléter

En parallèle des améliorations à apporter aux suivis biologiques, le suivi des pressions doit également être adapté pour permettre une étude fine des relations pressions-état, élément central du développement de tout indicateur d'état écologique DCE.

Le GT a identifié un ensemble de métriques de pressions, à évaluer pour chaque grand type de perturbation listé dans le tableau 2 : compétition des espèces non natives, atteintes à la continuité écologique, altération des habitats, mortalités anthropiques, pressions chimiques.

Pour chaque métrique, il s'est livré à un audit détaillé des protocoles de suivi actuels dans les quatre DOM, afin d'identifier les lacunes et les ajustements à apporter.

Le bilan est contrasté. Certaines pressions apparaissent correctement renseignées, à l'image des obstacles à la migration (sauf à Mayotte) et de l'occupation des sols ; d'autres ne sont pas systématiquement relevées, ou leurs données ne sont pas à jour, comme les captages d'eau ou les abondances d'espèces non natives ; d'autres encore ne sont pas correctement quantifiées – c'est le cas de la pêche aux embouchures ou des pressions chimiques.

Enfin, les dégradations de l'état sanitaire des eaux (charge bactérienne, virale ou parasitaire) ne font



Seuil sur une rivière de Mayotte, une pression sur la continuité écologique.



Une rivière torrentueuse de La Réunion.

© Olivier Monnier – Onema

aujourd'hui l'objet d'aucun suivi: le GT plaide pour le lancement d'une réflexion sur les modalités de leur prise en compte.

Mutualisations en perspective

À la fois souhaitable et possible, la construction d'indicateurs « poisson » et « macrocrustacé » doit donc désormais être planifiée. Les délais sont contraignants: dans l'objectif de disposer d'un outil validé pour le troisième cycle DCE (2022-2027), les métriques doivent être modélisées à la fin 2019.

Conformément à son mandat, le GT a segmenté l'ensemble des travaux à mener en 15 grandes tâches – de la récupération des données de pressions à l'acquisition de connaissances biologiques pour chaque famille de métriques. Un agenda prévisionnel a été dressé et discuté lors des différentes sessions de travail. Une répartition de la plupart des tâches entre organismes gestionnaires a été proposée. D'autres travaux feront l'objet de missions de recherche dédiées (deux thèses axées sur les impacts anthropiques sur des espèces cibles sont en cours de lancement en Guadeloupe et à La Réunion) ou d'expertises ponctuelles.

La plupart des actions entreprises dans cette perspective de bioindication présentent d'ailleurs un intérêt qui dépasse le seul cadre de l'évaluation DCE pour fournir des connaissances intéressantes d'autres programmes nationaux.

Par exemple, l'étude des relations espèces-habitats ou celle des capacités de franchissement des obstacles par les espèces par classes de tailles, nécessaires pour la construction de plusieurs métriques de bioindication, offriront des connaissances utiles pour la Stratégie nationale de gestion des poissons migrateurs (Stranapomi) et le recueil d'informations sur la continuité écologique (ICE).

Plus largement, l'effort de recherche et développement envisagé pour les prochaines années autour des migrateurs amphihalins des DOM insulaires ouvre de nombreuses possibilités de mutualisation entre les différents programmes.

Ces mutualisations ont été discutées et précisées dans l'optique de tirer le meilleur parti des financements engagés et des connaissances acquises: au-delà des exigences de l'évaluation DCE, les travaux entrepris apporteront un concours précieux aux mesures de restauration et de préservation des milieux aquatiques ultramarins et de leur biodiversité. ■



© Olivier Monnier – Onema

Opérations de terrain en Guadeloupe, prélèvement d'un morceau de nageoire sur un poisson du genre *Agonostomus* pour analyses ADN.

Pour en savoir plus

Synthèse des travaux du GT :
http://www.onema.fr/IMG/pdf/2015_007.pdf

Synthèse du séminaire Outre-mer :
<http://www.reseau.eaufrance.fr/ressource/compte-rendu-seminaire-dom-2015>

Organisation des séminaires

Tony Robinet, maître de conférences, Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), département peuplements et milieux aquatiques

Julien Ringelstein, chargé de mission GT amphihalins DCE DOM, MNHN, département peuplements et milieux aquatiques

Olivier Monnier, chargé de mission écosystèmes d'outre-mer, Onema, direction de l'action scientifique et technique

LES RENCONTRES DE L'ONEMA



Directeur de publication : Paul Michelet
 Coordination : Véronique Barre (direction de l'action scientifique et technique) et Claire Roussel (délégation à l'information et la communication)
 Rédaction : Laurent Basilio, Olivier Monnier, Tony Robinet
 Secrétariat de rédaction : Béatrice Gentil, délégation à l'information et la communication
 Maquette : Eclats Graphiques
 Réalisation : www.kazoar.fr
 Impression : IME by estimprim
 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>