

Proposition sujet de thèse 2016

Procédure de candidature :

Lettre de motivation et CV à envoyer à l'adresse suivante : Arnaud.Auber@ifremer.fr & david.mouillot@univ-montp2.fr

- **Titre** : Réponses fonctionnelles des communautés ichthyologiques au changement climatique en Baie de Somme, Manche oriental et Mer du Nord.

- **Directeur de thèse** : Paul Marchal (Ifremer, Laboratoire RH, Boulogne-sur-Mer)

- **Encadrants scientifiques** : - Arnaud Auber (Ifremer, Laboratoire RH, Boulogne-sur-Mer)

- David Mouillot (Univ. Montpellier, UMR MARBEC, Montpellier)

- **Laboratoire/unité, département d'accueil** : Laboratoire 'Ressources Halieutiques' Boulogne-sur-Mer ; Unité HMMN ('Halieutique Manche Mer du Nord') ; Département RBE ('Ressources Biologiques et Environnement')

- **Date de démarrage envisagée** : octobre 2016 (durée : 3 ans)

- **Ecole doctorale de rattachement** : ED SMRE (Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement)

- **Financement** : Ifremer & Région Hauts de France

- **Résumé et mots-clés en français** :

La description et la compréhension de la dynamique spatio-temporelle des communautés fait aujourd'hui l'objet d'une attention croissante de la part des scientifiques et des gestionnaires d'écosystèmes. Cette dynamique est en effet déterminante pour le fonctionnement des écosystèmes et par conséquent pour les services rendus à l'Homme. Le suivi spatio-temporel des communautés et la compréhension des mécanismes sous-jacents à leur structuration présente un fort enjeu autant sur le plan environnemental qu'économique. En milieu marin, la structure des communautés de poissons est extrêmement fluctuante, et ce en raison de la variabilité naturelle de l'environnement mais aussi des perturbations anthropiques. Toutefois, la réponse des communautés aux modifications de l'environnement et des pressions humaines n'est que très peu abordée sur le plan fonctionnel. Basé sur les écosystèmes de la Baie de Somme, de la Manche orientale et de la Mer du Nord, les objectifs de cette thèse sont (i) de décrire la dynamique de la structure fonctionnelle des communautés ichthyologiques au cours des 30-40 dernières années, (ii) de hiérarchiser les traits bio-écologiques selon leur contribution respective dans la réponse des communautés au changement climatique, et (iii) d'identifier les facteurs forçants et leur mécanismes d'effets sur la diversité fonctionnelle des communautés.

Mots-clés : poisson, communautés, diversité fonctionnelle, traits, climat, pêche.

Titre anglais : Functional responses of ichthyological communities to climate change in the Bay of Somme, Eastern English Channel and North Sea.

Résumé anglais :

Describing and understanding the spatio-temporal dynamics of communities is subject to an increasing attention from scientists and ecosystem managers. Such dynamics are decisive for ecosystem functioning and thus for ecosystem services. The spatio-temporal monitoring of communities and the understanding of underlying mechanisms of structuration represent a strong challenge, both on environmental and economic aspects. In marine environments, the structure of fish communities is highly variable, due to both natural variations in the environment and human disturbance. However, the response of communities to environmental change and human pressure has been poorly investigated on a functional aspect. Based on the ecosystems of the Bay of Somme, the Eastern English Channel and the North Sea, the aims of this thesis are (i) to describe the temporal dynamics of the functional structure of fish communities during the last 30-40 years, (ii) to prioritize the bio-ecological traits according to their respective contribution in the response of communities to climate change, and (iii) to identify the forcing factors and their mechanisms of effect on the functional diversity of communities.

Mots-clés anglais: Fish, communities, functional diversity, traits, climate, fishing.

- Profil de candidature souhaitée

Français :

Le/La candidat/e devra être titulaire d'un Master Recherche en Ecologie. Des connaissances et un fort intérêt dans les domaines de l'écologie marine, l'océanographie, la dynamique des communautés ou encore de la relation Habitat-Biodiversité-Fonctionnement seront des prérequis importants. Des connaissances en statistiques (analyses de séries temporelles, analyses multivariées, méthodes de classification, modélisation statistique), ou encore une expérience antérieure en calcul d'indices de diversité fonctionnelle seront un fort atout. Une autonomie concernant la maîtrise de logiciels d'analyse de données sera aussi demandée (logiciel 'R' de préférence). Le/la candidat/e devra faire preuve de curiosité, d'une bonne capacité d'analyse, d'organisation, de synthèse orale et écrite en anglais et en français (au moins trois publications au sein de revues internationales sont envisagées). Enfin, l'étudiant/e devra fournir un travail bibliographique complet pour mener à bien ce projet.

Anglais :

The candidate should hold a MSc in Ecology. The candidate should have training and strong interest in Marine Ecology, Oceanography, Synecology, and in the relationship between 'Habitat', 'Biodiversity' and 'Ecosystem functioning'. Knowledge in statistics (time-series analyzes, multivariate analyzes, clustering methods, statistical modeling), or previous experience in computing functional diversity indices will be a strong asset. A good proficiency on data analyzes software will be required (especially with 'R'). The candidate will have to be curious, showing a great analytical and organizational capacity, good oral and written communication skills in English and French (at least three publications in international journals are considered). Finally, the student will have to provide a comprehensive literature review to successfully complete this project.

Version détaillée:

- Contexte scientifique et objectif général :

La description et la compréhension de la dynamique spatio-temporelle des communautés fait aujourd'hui l'objet d'une attention croissante de la part des scientifiques et gestionnaires des écosystèmes. Cette dynamique est en effet déterminante pour le fonctionnement des écosystèmes et par conséquent pour les services rendus à l'Homme. Le suivi spatio-temporel des communautés et la compréhension des mécanismes sous-jacents à leur structuration est donc de première importance, autant sur le plan environnemental qu'économique. En milieu marin, la structure des communautés ichthyologiques est en perpétuel changement, et ce en raison de la variabilité naturelle de l'environnement mais aussi des perturbations anthropiques principalement liées à l'exploitation des ressources marines. Toutefois, la réponse de ces communautés aux modifications de l'environnement, d'origine naturelle ou non, reste encore relativement peu abordée bien que l'on sache qu'avec une demande alimentaire croissante, l'exploitation des mers aura des impacts de plus en plus prononcés sur la biodiversité marine.

De manière théorique, la structure d'une communauté donnée correspond à la résultante du filtre opéré par l'environnement au sens large (climat, habitat, pressions humaines) sur le pool de traits potentiels (caractéristiques biologiques et écologiques des espèces) (Culp *et al.*, 2010) que cette communauté posséderait si elle n'était pas soumise aux contraintes environnementales. Les traits correspondent aux caractéristiques d'un organisme qui sont considérées pertinentes par rapport à sa réponse vis-à-vis de l'environnement, aux interactions biologiques l'impliquant et/ou à ses effets sur le fonctionnement des écosystèmes. Afin de mieux comprendre les mécanismes structurant les communautés, cette approche alternative dite fonctionnelle, qui décrit la structure des communautés sur la base des traits des espèces, est aujourd'hui bien connue pour être plus efficace que les méthodes basées sur la caractérisation de la structure taxonomique seule. Ainsi, l'objectif général de la thèse est d'évaluer la diversité fonctionnelle des communautés ichthyologiques en baie de Somme, Manche orientale et Mer du Nord en vue d'identifier les facteurs agissant sur la structuration des communautés et ainsi de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents.

- Problématique et objectifs :

Dans la perspective de l'évaluation de l'état écologique des écosystèmes et afin de fournir les connaissances permettant leur gestion durable, il est essentiel d'évaluer les effets du climat et de la pêche sur les communautés marines, d'identifier leurs modes d'action par une approche fonctionnelle et ceci en raisonnant à l'échelle des communautés. Dans chacune de ces perspectives de recherche, il subsiste un manque incontestable d'information, et tout particulièrement sur les modes d'action. Les séries temporelles nécessaires pour combler ce manque à l'échelle du compartiment ichthyologique sont disponibles grâce aux campagnes scientifiques menées depuis plusieurs décennies à de grandes échelles spatiales (ici l'écorégion marine Manche-Mer du Nord). Basé sur les écosystèmes de la Baie de Somme, de la Manche orientale et de la Mer du Nord, les objectifs de cette thèse sont (i) de décrire la dynamique de la structure fonctionnelle des communautés ichthyologiques au cours des 30-40 dernières années, (ii) de hiérarchiser les traits bio-écologiques selon leur contribution respective dans la réponse des communautés au changement climatique, et (iii) d'identifier les facteurs forçants et leur mécanismes d'effets sur la diversité fonctionnelle des communautés.

- Approches méthodologiques

L'atteinte des objectifs de cette thèse passera principalement par la réalisation d'analyses statistiques multivariées appliquées sur les données d'abondance provenant des campagnes de suivi halieutique, de données acquises dans la littérature (traits biologiques) et enfin de données environnementales *in situ*, sorties de modèles et données satellitaires.

Pour le premier objectif, plusieurs analyses seront réalisées afin de décrire la dynamique de la structure des communautés décrites selon les traits des espèces. Un large panel d'indices de diversité fonctionnelle seront calculés à partir des données d'abondance recueillies lors des trois campagnes halieutiques (En baie de Somme : *NOURSOMME*, en Manche orientale : *Channel Ground Fish Survey* et en Mer du Nord : *International Bottom Trawl Survey*) et à partir d'informations relatives aux traits des espèces. Plus précisément, le calcul des indices de diversité fonctionnelle repose sur la représentation des communautés dans un espace fonctionnel multidimensionnel où chaque axe représente un trait (Rosenfeld, 2002). Une partie des informations relatives aux traits étant déjà disponible au

sein du laboratoire d'accueil, le reste devra faire l'objet d'un travail bibliographique complémentaire. Une première publication dans une revue de rang A est envisagée pour valoriser le travail relatif à ce premier objectif. Dans le cadre des objectifs 2 et 3, la dynamique des communautés sera mise en relation avec plusieurs indicateurs quantifiant les forçages locaux (salinité, température, effort de pêche, etc.) ou globaux (*Oscillation Nord Atlantique*, *Oscillation Atlantique Multidécennale*, etc.) au moyen d'analyses statistiques uni- ou multivariées selon les indicateurs considérés. Dans le cas des analyses univariées, l'approche dite 'Ecotype' (Engelhard *et al.*, 2010) qui consiste à mettre en relation la dynamique de chaque groupe fonctionnel (un groupe étant caractérisé par une seule modalité de trait) avec celle de l'environnement sera appliquée au travers d'analyses de corrélations croisées. A ce niveau, il est déjà envisagé de tester plusieurs hypothèses (au moins 9) de réponse fonctionnelle aux variations de l'environnement. Par exemple, il est attendu une hausse du niveau trophique moyen des communautés en réponse à la hausse de la température de l'eau, une baisse de la proportion de 'petits' individus, une baisse de la proportion de poissons pélagiques, une baisse de la proportion de poissons dits 'spécialistes', ou encore une hausse de l'abondance d'espèces à préférences thermiques 'élevées'. Dans le cas de l'approche multivariée, il est envisagé d'employer plusieurs familles d'analyses statistiques servant à caractériser le lien entre les assemblages de traits portés par les espèces et l'environnement, comme par exemple, l'approche de type 'Fourth Corner' (Dray & Legendre, 2008), méthode 'RLQ' (Dray *et al.*, 2014), analyses canoniques ou encore l'analyse dite 'Between-Class Analysis' qui pourrait être adaptée en vue de hiérarchiser les traits en terme de contribution à la réponse globale des communautés (obj. 2). Ces mêmes analyses permettront aussi d'identifier les principaux facteurs forçants (obj. 3). Enfin, plusieurs hypothèses sont là aussi formulées vis-à-vis de l'évolution des indices de diversité fonctionnelle en réponse aux variations de l'environnement, ces mêmes indices étant eux-mêmes le plus souvent caractérisés par des combinaisons de traits.

- Intérêt général

En plus des pressions anthropiques directes, le changement climatique devrait aussi fortement modifier l'environnement marin et donc induire une réponse des communautés ichthyologiques. Dans ce contexte, il est donc de première importance d'identifier les différents facteurs forçants, de connaître leur mécanismes d'effets et si possible d'identifier les caractéristiques des espèces expliquant leur présence afin de **conserver la biodiversité**, d'**anticiper les changements** futurs concernant les espèces accessibles à la pêche et atteindre ainsi l'objectif d'**exploitation durable des écosystèmes marins**.

De par son objectif général d'évaluation de la diversité fonctionnelle des communautés ichthyologiques en baie de Somme, Manche orientale et Mer du Nord, ce projet de thèse apportera aussi une contribution plus spécifique à la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, et ce au travers plusieurs descripteurs (D1 : 'Diversité biologique', D3 : 'Espèces commerciales', D4 : 'Réseaux trophiques').

En résumé, l'intérêt général apporté par ce sujet de thèse est l'acquisition de connaissances nécessaires aux modèles prédictifs qui permettent l'anticipation des effets du changement climatique sur les écosystèmes. Cela aidera ainsi à proposer des modes de gestion des activités humaines qui permettent à la fois la conservation des ressources halieutiques et le maintien de la profitabilité des activités humaines. Les résultats qui seront produits apporteront un soutien scientifique fort aux politiques publiques mondiales (Sommet Mondial du Développement Durable de Johannesburg, 2002), européennes (PCP, DCSMM) et nationales (Grenelle de la Mer, Stratégie Nationale pour la Mer et les Océans-Livre bleu), dont l'objectif principal est la préservation de la biodiversité marine.

- Originalité et caractère innovant des recherches

Le principal caractère innovant de ce projet de thèse réside dans la démarche de caractérisation de **la structure des communautés selon une approche fonctionnelle et non pas uniquement taxonomique**. De plus, à notre connaissance, aucune étude n'a jusqu'alors exploité les données issues des campagnes en mer à des fins d'évaluation de la biodiversité ichthyologique à de telles échelles, (1) biologiques, i.e. couvrant l'ensemble de la communauté de poissons et non juste une partie, (2) spatiales, i.e. à l'échelle de l'éco-région Manche Est-mer du Nord et, (3) temporelles, i.e. sur plusieurs décennies. Seule l'étude de Georg Engelhard *et al.*, (2010) a déjà étudié la réponse des communautés ichthyologiques au changement climatique selon une approche fonctionnelle où toutes les espèces de poissons sont considérées. Ces auteurs ont notamment observé des hausses/baisses notables d'abondance pour certains groupes fonctionnels en réponse au réchauffement de l'eau en Mer du Nord au cours des 35 dernières années. En collaboration avec ces auteurs, l'une des principales interrogations est de savoir si les réponses fonctionnelles qui ont été observées en Mer du Nord l'ont aussi été à l'échelle globale de la Manche orientale et à l'échelle plus locale de la baie de Somme.

- Identification des avancées qui donneront lieu à publication

Basé sur 25 années de campagne en Manche Est, Auber *et al.* (2015) ont récemment décelé un changement rapide et intense de la structure taxonomique de la communauté de poissons caractérisé par une nette augmentation de la biodiversité au milieu des années 90. Les analyses montrent que ces changements seraient liés à l'augmentation naturelle de la température de l'eau en Atlantique Nord-Est à cette période. Il est aujourd'hui reconnu que l'augmentation de la température de l'eau peut notamment engendrer des mouvements biogéographiques (Wynn *et al.*, 2007) du sud vers le nord dans l'hémisphère nord. Ceci nous incite à étudier la dynamique des communautés ichtyologiques en Mer du Nord d'une part, puis la concordance entre cette dynamique et celle observée en Manche Est d'autre part, afin de mieux comprendre les mécanismes ayant conduit au changement de biodiversité observé en Manche Est. Plusieurs questionnements sont donc nés de ces constats : par exemple, les espèces à préférence thermique faible ont-elles migré vers la Mer du Nord suite à l'augmentation de la température de l'eau ou bien leur dynamique de population a-t-elle été affectée de façon intrinsèque ? L'étude de la connectivité entre ces deux écosystèmes permettrait ainsi de mieux comprendre les raisons d'une telle restructuration des communautés. Le travail produit durant cette thèse sera valorisé aux travers de trois publications (une par objectif) dans des revues de rang A ainsi qu'au travers de présentations orales/posters lors de congrès nationaux et internationaux.

- Applications possibles

Les résultats de cette étude constitueront un apport bénéfique pour l'élaboration de futurs modèles d'habitats appliqués aux communautés, d'indicateurs de biodiversité et à certains descripteurs de la DCSMM. De manière plus indirecte, un tel projet contribuera à améliorer l'élaboration de plans de gestion des espaces naturels (diagnostics, évaluation, anticipation de changements/basculements) et la mise en place de politiques de conservation à l'échelle locale, régionale, voire à l'échelle de la façade maritime. A échelle plus locale, ce travail proposé pourrait apporter des éléments de diagnostic pour l'élaboration du plan de gestion du Parc Naturel Marin des estuaires picards et de la mer d'opale (cad AAMP), afin (i) de faire du Parc naturel marin un secteur de référence pour la connaissance et le suivi partagé de l'état et de l'évolution du milieu marin ainsi que de l'influence des activités humaines, (ii) protéger, maintenir en bon état de conservation et si besoin restaurer le patrimoine naturel marin et (iii) mettre en valeur et soutenir les différentes activités de pêche visant une exploitation durable des ressources, dans le respect du milieu. Le projet proposé ici permettra également de mieux comprendre les conséquences économiques des pressions exercées sur la biodiversité des écosystèmes marins, qu'il s'agisse de la modification de la composition des débarquements d'espèces à intérêt commercial, ou de manière plus générale de la qualité des services écosystémiques (e.g. tourisme, activités récréatives, productions biologiques, etc.).

- Collaborations avec des laboratoires extérieurs

En plus des collaborations internes à l'Ifremer de Boulogne-sur-Mer, des collaborations sont envisagées avec plusieurs laboratoires extérieurs, en particulier avec le CEFAS (*Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science*, Lowestoft, UK : Georg Engelhard et Christopher Lynam), l'unité Ifremer DYNeco (*DYNamique de l'Environnement COtier*, Brest : Francis Gohin et Philippe Cugier), l'UMR MARBEC (*MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation*, Montpellier : Sébastien Villéger), le MPO (Ministère des Pêches et des Océans, Canada : Doug Swain et Hugues Benoît). Ces collaborations concerneront notamment les aspects théoriques du sujet, l'acquisition de données satellitaires et les aspects méthodologiques relatifs au calcul des indices de diversité fonctionnelle. Enfin, des collaborations seront effectuées au travers d'un comité de thèse qui suivra l'avancement du travail de manière régulière tout au long de la thèse.

- Echéancier prévisionnel des travaux incluant la rédaction

Tâche	Année 1				Année 2				Année 3			
	Semestre 1		Semestre 2		Semestre 1		Semestre 2		Semestre 1		Semestre 2	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												

Laboratoire d'accueil : IFREMER, Boulogne-sur-Mer	Laboratoire d'accueil : UMR MARBEC, Montpellier	Laboratoire d'accueil : IFREMER, Boulogne-sur-Mer
--	---	--

Tâche 1 : Analyses bibliographiques

Tâche 2 : Acquisition des données relatives aux traits des espèces

Tâche 3 : Acquisition et mise en forme des données relatives aux abondances des espèces

Tâche 4 : Analyses statistiques relatives à l'objectif 1

Tâche 5 : Participation aux campagnes de suivi halieutique (La personne recrutée ne sera impliquée qu'au cours des campagnes IBTS 2017 et CGFS 2017 (2 semaines environ pour chacune des campagnes) pour acquérir ou accroître l'expérience du terrain et la connaissance du milieu et de ses ressources biologiques.

Tâche 6 : Rédaction

Tâche 7 : Analyses statistiques relatives aux objectifs ii et iii

Tâche 8 : Comités de thèse

Tâche 9 : Participation à des congrès nationaux et internationaux

- Références bibliographiques :

Culp J.M., Armanini D.G., Dunbar M.J., Orlofske J.M., Poff L.N., Pollard A.L., Yates A.G., Hose G.C., 2010. Incorporating traits in aquatic biomonitoring to enhance causal diagnosis and prediction. *Integrated Environmental Assessment and Management* 7 : 187-197.

Auber A., Travers-Trolet M., Villanueva C.M., Ernande B., 2015. Regime Shift in an Exploited Fish Community Related to Natural Climate Oscillations. *Plos One* 10 (7).

Engelhard G.H., Ellis J.R., Payne M.R., Ter Hofstede R., Pinnegar J.K., 2010. Ecotypes as a concept for exploring responses to climate change in fish assemblages. *ICES Journal of Marine Science* 68(3) : 580-591.

Rosenfeld J.S., 2002. Functional redundancy in ecology and conservation. *Oikos* 98 : 156-162.

Dray S., Legendre P., 2008. Testing the species traits-environment relationships: the fourth-corner problem revisited. *Ecology* 89 : 3400-3412.

Dray S., Choler P., Dolédec S., Peres-Neto P.R., Thuiller W., Pavoine S., ter Braak C.J.F., 2014. Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. *Ecology* 95(1) : 14-21.

Wynn, R.B., Josey S.A., Martin A.P., Johns D.G., Yésou P., 2007. Climate-driven range expansion of a critically endangered top predator in northeast Atlantic waters. *Biology Letters* 3 : 529-532.

Feuille de route RBE 2014-2017. <http://w3z.ifremer.fr/rbe/content/download/70937/789325/file/Feuille-de-route-RBE-2014.pdf>

Plan stratégique Ifremer, 2015. <http://wwz.ifremer.fr/L-institut/Documents-de-reference/Plan-strategique>