

# MULTITOUT : Concilier des objectifs de rendements durables des pêches avec des objectifs écosystémiques : points de référence multi-spécifiques de gestion des pêches et méthodes d'évaluation de scénarios de gestion multi-objectifs

Directeur de thèse (*titulaire d'une HDR*): Stéphanie Mahévas (smahevas@ifremer.fr)

Co-directeur de thèse : Sigrid Lehuta (slehuta@ifremer.fr)

Laboratoire/unité d'accueil, localisation RBE/EMH - NANTES

Employeur envisagé : Ifremer

Ecole doctorale de rattachement : EDSML

Date limite de dépôt du dossier de candidature par le/la candidat.e à l'école doctorale : 15/5/2020

Financement : Acquis

## Résumé

La Politique Commune des Pêches d'un côté et la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin de l'autre, imposent d'atteindre conjointement des rendements maximaux soutenables pour l'ensemble des espèces capturées et un bon état écologique de l'écosystème marin. Prenant en considération la multiplicité des usages marins et les occupations spatiales variables dans l'espace et dans le temps des ressources et des usages, la planification spatiale marine est un outil incontournable pour l'atteinte de ces objectifs. Pourtant, le système actuel de réglementation des pêches reste principalement basé sur une gestion monospécifique par TAC qui ne garantit pas d'atteindre conjointement tous ces objectifs dans un contexte de pêche mixte. Pour basculer de manière opérationnelle dans une approche de gestion écosystémique, il est nécessaire de développer des points de référence et des règles de contrôle des captures spatiales, saisonnières, plurispécifiques et pluriflottilles. L'objet de cette thèse est de 1) développer un cadre théorique de développement de ces points de référence multispécifiques et de ces nouvelles HCR spatiales et saisonnières, 2) de le valider avec un modèle de simulation de pêche, 3) de le tester sur la pêche mixte démersale du golfe de Gascogne et 4) de l'exploiter pour simuler des scénarios de gestion.

**Mots-clés** : indicateurs multi-dimensionnels, optimisation multi-critères, points de référence, règles de gestion, scénarios, dynamique spatiale et saisonnière, pêche, golfe de Gascogne, ISIS-Fish

**Profil de candidature souhaité** – : Master avec des compétences en modélisation, statistiques, optimisation, halieutique, écologie numérique

## Contexte scientifique ou technologique

La gestion des pêches actuelle est principalement basée sur une approche espèce par espèce. Dans un contexte de pêche mixte qui se caractérise par des captures de plusieurs espèces en même temps, les objectifs de gestion monospécifique de rendement maximum soutenable se révèlent souvent inatteignables conjointement. Les nouvelles réglementations de la politique commune des pêches liées à l'interdiction des rejets mettent particulièrement en exergue cette inconsistance au travers des espèces bloquantes de la pêche. Il n'existe cependant que très peu de rendements maximaux soutenables (points de références opérationnels) et règles de contrôle des captures (« harvest control rules ») prenant en compte la dimension multi-spécifique des pêcheries (Ulrich et al 2017). Dans le contexte d'élargissement des objectifs de durabilité des pêches à des objectifs écosystémiques et environnementaux, il devient urgent de changer le paradigme de construction des points de référence des indicateurs usuels de gestion des pêches en basculant d'une approche monospécifique à une

approche multi-spécifique (Moffitt et al 2016) et environnementale (Rindorf et al 2017, Kempf et al 2016) prenant en compte explicitement les incertitudes (Dankel et al 2015).

La pêche mixte démersale du golfe de Gascogne est un cas d'étude particulièrement motivant pour réaliser cette transformation. Le golfe de Gascogne (divisions CIEM 8abd) est un système productif avec de nombreuses espèces d'intérêt commercial élevé partageant la même zone pour tout ou partie de leur cycle de vie. Elles sont la base de l'activité de pêcheries multi-spécifiques et sources d'interactions techniques (Drouineau et al 2006, Prellezo et al 2016). Ces interactions sont induites par des superpositions spatiales de plusieurs espèces inféodées à certains habitats plus ou moins vulnérables. Elles changent au cours de l'année car ces superpositions varient entre les saisons au rythme du cycle de vie de ces espèces. En ce sens, le golfe de Gascogne constitue une région à fort enjeu pour construire des points de référence multispécifiques de pression de pêche et de biomasse et pour identifier des mesures de gestion pour atteindre les objectifs de gestion écosystémique dans le cadre de la Politique Commune des Pêches et des Directives environnementales de l'Union européenne.

Concevoir des points de référence multispécifiques et environnementaux requiert une formalisation de la dynamique spatio-temporelle des pêcheries. Il s'agit de disposer d'une écriture de l'évolution dans le temps et l'espace des biomasses et des captures en fonction du temps de pêche pour explorer l'existence de conditions optimales sous contraintes. Peu de modèles existent pour appréhender des pêcheries mixtes et simuler conjointement des dynamiques biologiques et d'exploitation (Nielsen et al. 2018, Pelletier et al. 2009, Mahévas et al. 2004). Pour le golfe de Gascogne un modèle ISIS-Fish (isis-fish.org) a été développé pour les pêcheries françaises et espagnoles incluant le merlu, la langoustine et la sole (Provot et al 2020, Vigier 2018, Drouineau et al 2010). Ce modèle de simulation décrit la dynamique mensuelle et spatiale des captures par flottille et par métier (engin x ensemble d'espèces cibles et accessoires x zone de pêche). Il permet ainsi de simuler la dynamique d'atteinte des limitations des captures (TAC - Totaux Admissibles de Capture) à l'échelle du mois, et de comprendre comment certaines espèces deviennent bloquantes pour certaines flottilles. La dimension spatialement explicite de cet outil est particulièrement adaptée pour simuler les captures simultanées et les mesures de protection de zones fonctionnelles.

## Objectifs scientifiques du sujet

Les objectifs de cette thèse sont

- 1- de développer un cadre théorique de développement de ces points de référence multispécifiques et proposer une méthode de calcul des limitations des captures par espèce (HCR) en intégrant la dimension multi-spécifique et multi-flottilles de la pêche, la dynamique spatio-saisonnière des populations et des flottilles et les contraintes spatiales environnementales ;
- 2- de valider ce cadre et ces HCR avec un modèle de simulation de pêche
- 3- d'utiliser ce nouveau cadre et ces nouvelles HCR pour évaluer des scénarios de gestion dans le cadre du plan multi-annuel des eaux occidentales sur la pêche mixte démersale du golfe de Gascogne.

## Approche(s) méthodologique(s)

### **Etape 1 : Concevoir des rendements maximaux soutenables dans les pêcheries mixtes**

Par analogie aux points de référence des indicateurs de gestion mono-spécifique des pêches (e.g Biomasse et mortalité par pêche de rendement maximum soutenable pour une espèce), l'objet de ce travail est de concevoir un cadre théorique et opérationnel pour définir et calculer des rendements maximaux soutenables pour un ensemble d'espèces dans un contexte de pêche mixte. Une pêche mixte se caractérise par plusieurs flottilles ( $k$ ) ayant plusieurs espèces ( $n$ ) cibles et accessoires avec des intensités de ciblage variant entre les flottilles, dans l'année et dans l'espace. Il s'agit dans un premier temps de construire une fonction mathématique du rendement annuel de  $n$  espèces capturées en fonction

d'un effort de pêche déployé par k-flottes. Cette formulation sera réalisée en utilisant les écritures analytiques du modèle ISIS-Fish (Mahévas et Pelletier 2004, Pelletier et al 2009). Les propriétés de cette fonction seront analysées pour identifier les conditions d'existence d'un optimum (multispécifique). La complexité de la dynamique spatio-temporelle des pêcheries mixtes ne permet pas d'envisager une résolution analytique de ce problème d'optimisation multidimensionnel. Dans ce cadre théorique, le modèle de simulation ISIS-Fish sera donc utilisé pour reproduire le calcul du rendement en augmentant pas à pas en complexité (d'une configuration 2 espèces - une flotte à n espèces - k flottes) (Norrström et al 2016).

### **Étape 2 : Points de référence et intervalles de référence**

La deuxième étape consistera à proposer un ensemble de méthodes numériques pour optimiser ce rendement multispécifique avec des contraintes liées au contexte écosystémique et aux objectifs environnementaux (Mahévas et al Preprint, Dujardin et Chadès 2018). Puis ces méthodes seront utilisées pour le cas de la pêcherie mixte merlu-langoustine-sole du golfe de Gascogne pour calculer les points de référence (rendements maximaux soutenables) correspondant à l'optimum multi-spécifique pour chacune de ces espèces. Ces points de référence seront ensuite enrichis d'intervalles de référence pour intégrer le fait que de nombreux paramètres et processus de la pêcherie sont incertains. Cette étape sera réalisée en utilisant des plans de simulation de Sobol pour quantifier les sources d'incertitudes les plus influentes en distinguant notamment celles liées à la biologie de celles liées à l'activité de pêche de celles liées à l'environnement (Gasche et al 2013).

### **Étape 3 : Règles de gestion spatio-saisonniers**

Enfin étant donné ces nouveaux points et intervalles de référence, on cherchera à construire des règles de fixation des limites de captures par espèce et/ou de l'effort de pêche par flotte qui permettent d'atteindre les objectifs de gestion des pêches dans un contexte écosystémique (équivalent aux "harvest control rules" actuelles). On s'intéressera plus particulièrement à des règles dynamiques à l'échelle saisonnière, contraignant ou incitant à des limitations spatio-temporelles des captures par mois (sorties du système) et/ou des efforts par zone (entrées du système). Ces régulations offrent le double avantage d'être plus ajustables aux contextes écologiques et économiques que les limitations annuelles actuellement en vigueur et pourraient être opérationnelles dans le contexte actuel grâce aux moyens d'observations disponibles (données de vente et système VMS).

## Résultats attendus et valorisation

- Une cadre théorique de la gestion de pêcheries mixtes basées sur des rendements maximaux soutenables prenant en compte la dynamique spatiale et saisonnière de la pêcherie et une méthode d'optimisation multicritères sous contraintes pour calculer des points de références multi-spécifiques
- Des points de références multispécifiques des rendements maximaux soutenables pour les 3 espèces cibles principales de la pêcherie merlu-langoustine-sole prenant en compte les incertitudes pour les accompagner d'intervalles de référence
- Des règles de calcul de limitations de captures monospécifiques annuelles et spatio-saisonniers pour ces 3 espèces permettant d'atteindre les objectifs de gestion écosystémiques et environnementaux.
- L'évaluation quantitative de scénarios de gestion intégrant ce nouveau cadre pour la pêcherie démersale merlu-langoustine-sole du golfe de Gascogne

Valorisation de ces résultats dans 3 publications scientifiques et un transfert de ces résultats au CIEM et aux OP du projet MACCO

## Collaborations attendues

- Le doctorant sera amené à collaborer avec des chercheurs du réseau national de recherche mexicain (<https://reseau-mexico.fr>) et le GDR mascot-num (<https://www.gdr-mascotnum.fr>) pour les méthodes d'exploration de modèles complexes (optimisation, analyse de sensibilité, analyse d'incertitude)
- Il est aussi prévu de travailler avec l'équipe de recherche qui développe l'outil Openmole (<https://openmole.org>)
- Cette thèse se déroule dans le cadre d'un projet de recherche (Projet MACCO : <https://wwz.ifremer.fr/emh/Projets-Reseaux/Projets-en-cours>) et des échanges sont prévus avec l'ensemble des partenaires pour bénéficier d'un modèle ISIS-Fish opérationnel et faire bénéficier des résultats de la thèse pour l'évaluation des scénarios de gestion.

## Références :

- Dankel et al 2015 Dankel, Dorothy Jane, Jon Helge Vølstad, et Sondre Aanes. « Communicating uncertainty in quota advice: a case for confidence interval harvest control rules (CI-HCRs) for fisheries ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73, n° 2 (13 novembre 2015): 309-17. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0078>.
- Drouineau, H, S Mahévas, M Bertignac, et D Duplisea. « A length-structured spatially explicit model for estimating hake growth and migration rates ». *ICES Journal of Marine Science* 67, n° 8 (2010): 1697–1709.
- Dujardin, Yann, et Iadine Chadès. « Solving multi-objective optimization problems in conservation with the reference point method ». *PLOS ONE* 13, n° 1 (2 janvier 2018): e0190748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190748>.
- Gasche, Loic, Stephanie Mahevas, et Paul Marchal. « Supporting Fisheries Management by Means of Complex Models: Can We Point out Isles of Robustness in a Sea of Uncertainty? » *Plos One* 8, n° 10 (30 octobre 2013): e77566. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077566>.
- Kempf, Alexander, John Mumford, Polina Levontin, Adrian Leach, Ayoe Hoff, Katell G. Hamon, Heleen Bartelings, et al. « The MSY concept in a multi-objective fisheries environment – Lessons from the North Sea ». *Marine Policy* 69 (1 juillet 2016): 146-58. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.012>.
- Mahevas, S., et D. Pelletier. « ISIS-Fish, a generic and spatially explicit simulation tool for evaluating the impact of management measures on fisheries dynamics ». *Ecological Modelling* 171, n° 1-2 (1 janvier 2004): 65-84. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.04.001>.
- Mahévas, S.; Picheny, V.; Lambert, P.; Dumoulin, N.; Rouan, L.; Soulié, J.; Brockhoff, D.; Lehuta, S.; Le Riche, R.; Faivre, R.; Drouineau, H. A Practical Guide for Conducting Calibration and Decision-Making Optimisation with Complex Ecological Models. *Preprints* 2019, 2019120249 (doi: 10.20944/preprints201912.0249.v1)
- Moffitt, Elizabeth A., André E. Punt, Kirstin Holsman, Kerim Y. Aydin, James N. Ianelli, et Ivonne Ortiz. « Moving towards ecosystem-based fisheries management: Options for parameterizing multi-species biological reference points ». *Understanding Ecosystem Processes in the Eastern Bering Sea IV* 134 (1 décembre 2016): 350-59. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.08.002>.
- Nielsen, J Rasmus, Eric Thunberg, Daniel S Holland, Jorn O Schmidt, Elizabeth A Fulton, Francois Bastardie, Andre E Punt, et al. « Integrated ecological–economic fisheries models—Evaluation, review and challenges for implementation ». *Fish and Fisheries* 19, n° 1 (1 janvier 2018): 1-29. <https://doi.org/10.1111/faf.12232>.
- Norrström, Niclas, Michele Casini, et Noël M. A. Holmgren. « Nash equilibrium can resolve conflicting maximum sustainable yields in multi-species fisheries management ». *ICES Journal of Marine Science* 74, n° 1 (18 août 2016): 78-90. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw148>.

- Pelletier, D., S. Mahévas, H. Drouineau, Y. Vermard, O. Thebaud, O. Guyader, et Poussin B. « Evaluation of the bioeconomic sustainability of multi-species multi-fleet fisheries under a wide range of policy options using ISIS-Fish ». *Ecological Modelling* 220 (7) (2009): 1013-33.
- Prellezo, Raúl, Paolo Accadia, Jesper L. Andersen, Bo S. Andersen, Erik Buisman, Alyson Little, J. Rasmus Nielsen, Jan Jaap Poos, Jeff Powell, et Christine Röckmann. « A review of EU bio-economic models for fisheries: The value of a diversity of models ». *Marine Policy* 36, n° 2 (1 mars 2012): 423-31. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2011.08.003>.
- Provot, Z., S. Mahévas, L. Tissière, C. Michel, S. Lehuta, et B. Trouillet. « Using a quantitative model for participatory geo-foresight: ISIS-Fish and fishing governance in the Bay of Biscay ». *Marine Policy*, 1 octobre 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.015>.
- Rindorf, Anna, John Mumford, Paul Baranowski, Lotte Worsøe Clausen, Dorleta García, Niels T. Hintzen, Alexander Kempf, et al. « Moving beyond the MSY concept to reflect multidimensional fisheries management objectives ». *Marine Policy* 85 (1 novembre 2017): 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.012>.
- Ulrich, Clara, Youen Vermard, Paul J. Dolder, Thomas Brunel, Ernesto Jardim, Steven J. Holmes, Alexander Kempf, Lars O. Mortensen, Jan-Jaap Poos, et Anna Rindorf. « Achieving maximum sustainable yield in mixed fisheries: a management approach for the North Sea demersal fisheries ». *ICES Journal of Marine Science* 74, n° 2 (6 août 2016): 566-75. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw126>.
- Vigier, Audric. « Développement d'une plateforme d'évaluation de plans de gestion spatialisés : application à la pêche mixte démersale du golfe de Gascogne », 2018. <http://www.theses.fr/2018BRES0033/document>.