

DOSSIER DE CANDIDATURE

APPEL A PROJETS « POLITIQUE DE SITE » 2019

Identification

Civilité et Nom du porteur du projet	Stéphanie Mahévas
Structure, laboratoire (Dép/unité/lab)	RBE/EMH
Site du projet	Nantes
Titre long (max 150 caractères)	Des trajectoires de navires à la dynamique des flottilles via les modèles graphiques
Acronyme	TracFlo
Résumé (5 lignes)	En réunissant des chercheurs halieutes en analyses quantitatives de trajectoires de navire et des chercheurs mathématiciens en analyses de réseaux, l'ambition portée par ce projet de politique de site est d'analyser les comportements collectifs des navires de pêche afin d'en mieux comprendre les caractéristiques clefs des flottilles et de progresser dans l'évaluation de l'impact réel des flottilles sur l'environnement.

Equipes participantes au projet (min 2)

Equipe 1 :

Unité : **EMH**

Tutelle(s) de rattachement : **IFREMER**

Liste des personnels avec leurs statuts participant au projet : **Stéphanie Mahévas, Youen Vermard**

Equipe 2 :

Unité : **Equipe « SPAN » (Statistique, Probabilité, Analyses Numériques)**

Tutelle(s) de rattachement : **Université de Nantes**

Liste des personnels avec leurs statuts participant au projet : **Paul Rochet, Anne Philippe, Nicolas Bez**

Les motivations du projet et les défis à relever (30 lignes maximum)

Comprendre le comportement des pêcheurs, et plus largement la dynamique spatio-temporelle des flottilles de pêche, est un enjeu majeur pour la définition de stratégies efficaces de gestion de la pêche (Fulton et al 2011). Plusieurs auteurs ont avancé l'idée qu'une caractérisation des trajectoires de bateaux permettait de caractériser la dynamique spatio-temporelle des populations ciblées par les pêcheurs (Bertrand et al. 2004 ; Poos and Rijnsdorp 2007 ; Joo et al. 2013 ; Walker et al. 2015). Cependant à ce jour peu de travaux ont abouti à des applications concrètes pour la gestion des pêches (Vermard et al. 2010). Comprendre le comportement des pêcheurs, c'est aussi maîtriser la représentativité des captures qu'ils réalisent vis-à-vis des abondances des populations marines dans les zones qu'ils prospectent. Sans la connaissance de leurs comportements collectifs, la qualité d'échantillonneur des pêcheurs est mal connue, et l'utilisation des captures pour produire des indices d'abondance hasardeuse.

La richesse des données GPS a favorisé le développement de plusieurs approches pour analyser les mouvements des bateaux de pêche : modèles à espace d'états (Morales et al. 2004; Clark 2005; Jonsen et al. 2005; Jonhson et al. 2008, Gloaguen et al 2014) ; techniques de filtrage (Kourti et al. 2005; Mills et al. 2007) ou plus largement segmentation statistique (Bertrand et al. 2004; 2007; Russo et al., 2011, Joo et al 2013). Ces approches font l'hypothèse que les trajectoires sont indépendantes. Pourtant les pêcheurs exploitent les

informations des autres bateaux (position, captures, etc.) dans un contexte de collaboration ou de compétition (Joo et al Soumis).

Le comportement collectif a fait l'objet de nombreuses études (écologie, psychologie, sport, médecine, physique, informatique, etc). En écologie, l'analyse des comportements collectifs permet de s'intéresser aux stratégies de recherche de nourriture. Ainsi, pour les oiseaux marins qui partagent avec les pêcheurs l'ambition de trouver de façon optimale des proies en mer, il a été montré que le partage de l'information était globalement bénéfique, i.e. que le gain de nourriture procuré par le transfert d'information concernant la position des proies était compensé par le déficit occasionné par ce même partage d'information pour le partage de nourriture associé. Des réseaux de prédateurs se mettent donc en place afin d'optimiser collectivement le repérage des proies (Assali et al. 2017). L'existence de réseaux sociaux dynamiques dans le règne animal donne une excellente base de réflexion concernant des stratégies équivalentes en halieutique où l'analyse des déplacements collectifs a été récemment initiée en caractérisant les propriétés de couples de navires (Joo et al. soumis). Le passage à l'échelle de la flottille reste à développer.

Références

- Assali C., Bez N., Tremblay Y. (2017). Seabird distribution patterns observed with fishing vessel's radar reveal previously undescribed sub-meso-scale clusters. *Scientific Reports* 7:7364
- Bertrand, S., Diaz, E., Niquen, M. 2004. Interactions between fish and fisher's spatial distribution and behaviour: an empirical study of the anchovy (*Engraulis ringens*) fishery of Peru. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1127-1136.
- Clark, J. (2005). Why environmental scientists are becoming Bayesians? *Ecology Letters*, 8:2-14.
- Fulton, EA, Smith, A.D. M., Smith D.C., van Puttenvan, I.A. Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. *Fish & Fisheries* 12.1 (2011): 2-17.
- Gloaguen P. 2015. Modélisation mécaniste et stochastique des trajectoires pour l'halieutique / Mechanistic and stochastic modelling of trajectories for fisheries science. PhD Thesis, Université Européenne de Bretagne, Agrocampus-Ouest.
- Jonsen, I.D., Flemming, J.M., Myers, R.A. 2005. Robust state-space modeling of animal movement data. *Ecology* 86, 2874-2880.
- Joo, R., Bertrand, S., Tam, J., Fablet R. 2013. Hidden markov models: the best models for forager movements? *. PloS one* 8.
- Joo, R., Etienne, M.M., Bez, N., and Mahévas, S., En révision. Metrics for describing dyadic movements: review and proposals. *Movement Ecology*.
- Joo, R., Etienne, M.M., Bez, N., and Mahévas, S., Soumis. A primer in the identification of dyad movement patterns from fisher trajectory data : Application to several fisheries around the world
- Kourti, N., Shepherd, I., Greidanus, H., Alvarez, M., Aresu, E., Bauna, T., Chesworth, J., Lemoine, G., and Schwartz, G. 2005. Integrating remote sensing in fisheries control. *Fisheries Management and Ecology*, 12 : 295-307.
- Mills, C. M., Townsend, S. E., Jennings, S., Eastwood, P. D., and Houghton, C. A. 2007. Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 248-255.
- Morales J. M. , Haydon D. T., Frair J., Holsinger K. E. and Fryxell J. M. (2004) Extracting more out of relocation data: building movement models as mixtures of random walks. *Ecology* 85,9 2434-2445.
- Poos, J.-J., and Rijnsdorp, A.D. 2007 The dynamics of small-scale patchiness of plaice and sole as reflected in the catch rates of the Dutch beam trawl fleet and its implications for the fleet dynamics. *Journal of Sea Research* 58, 100-112.
- Russo, T., Parisi, A., Prorgi, M., Boccoli, F., Cignini, I., Tordoni, M., and Cataudella, S. 2011. When behaviour reveals activity: Assigning fishing effort to m tiers based on VMS data using artificial neural networks. *Fisheries Research*, 111: 53-64.
- Vermard Y., Rivot E., Mahévas S., Marchal P., Gascuel D., 2010. Identifying fishing trip behavior and estimating fishing effort from VMS data using Bayesian Hidden Markov Models. *Ecological Modelling*, 211: 1757-1769

Le consortium proposé (20 lignes maximum)

Le consortium est constitué de chercheurs de deux équipes de recherche de champs disciplinaires complémentaires (halieutique quantitative pour EMH, statistiques pour SPAN). La collaboration sera facilitée par la présence dans chacune des équipes d'un chercheur aux compétences bi-disciplinaire halieutique-statistique. Les chercheurs de l'unité Ecologie et Modèles pour l'Halieutique identifiés dans ce projet, Stéphanie Mahévas et Youen Vermard, travaillent sur la modélisation de la dynamique des flottilles pour évaluer la pression de pêche sur les populations marines dans les pêcheries mixtes et les conséquences des scénarios de gestion. Plusieurs approches de modélisation statistique du comportement des pêcheurs ont été développées au sein de l'unité : modèles d'utilité aléatoire, modèle à espace d'états, modèles à champ de potentiels, indicateurs du comportement collectif. Ces travaux sont innovants à l'échelle européenne et orientent fortement les choix méthodologiques au sein des groupes de travail du CIEM. L'analyse des réseaux et des comportements collectifs. Cependant sa mise en oeuvre, notamment en grande dimension, requiert des compétences pointues qui nécessitent de développer des collaborations avec des mathématiciens spécialistes des statistiques et des réseaux. La deuxième équipe du consortium est donc constituée de statisticiens en

analyse des réseaux (théorie des graphes et modèles graphiques) et en trajectométrie : Paul Rochet chercheur de l'unité SPAN développe des méthodes d'analyse de graphes orientés en utilisant des propriétés des matrices d'adjacence ; Anne Philippe, responsable de l'unité SPAN, professeur en statistiques travaille sur les modèles bayésiens à espace d'états ; enfin, Nicolas Bez, chercheur géostatisticien halieute en accueil dans ce laboratoire développe des méthodes d'analyse du comportement et a déjà collaboré avec les chercheurs d'EMH sur cette thématique au travers de l'encadrement d'étudiants. Un financement de sujet de thèse en co-encadrement entre des chercheurs de ces deux équipes est actuellement en cours de demande. Ce doctorant si le financement est accepté renforcera le consortium dès la fin de l'année 2019 et bénéficiera des premiers résultats du projet.

Les résultats attendus (30 lignes maximum)

L'objectif de ce projet est de contribuer au développement d'outils méthodologiques pour caractériser le comportement collectif des navires de pêche à partir de l'analyse des trajectoires et améliorer l'estimation des indices d'abondance issus des captures par unités d'effort.

Ces travaux permettront une valorisation scientifique dans le domaine de l'halieutique et des mathématiques appliquées.

Résultat 1

Le premier résultat sera le développement d'une collaboration (encore faible) entre l'unité EMH de l'Ifremer et l'unité SPAN du laboratoire de Mathématiques Jean Leray de l'Université de Nantes afin de développer une expertise et d'une analyse critique des modèles graphiques pour l'halieutique.

Résultat 2

Le second résultat consistera en i) la production d'un panel d'indicateurs caractérisant le lien entre les bateaux d'une flottille à l'échelle de la marée, à l'échelle du mois et à l'échelle de l'année, avec ou sans décalage dans le temps, et ii) pour chaque indicateur une représentation graphique de ces liens au moyen de graphes dont les nœuds seront les bateaux de la flottille.

Résultat 3

Le troisième résultat sera la définition ou l'adaptation d'une méthode d'analyse des graphes pour estimer un ensemble de métriques explicitant les propriétés topologiques de ces graphes pour identifier les groupes de navires collaborant aux différentes échelles. **Valorisation de ces 3 résultats dans un article scientifique et des communications orales.**

Résultat 4

Le quatrième résultat sera une proposition de méthode issue des modèles graphiques pour identifier des flottilles de référence pour le calcul de CPUE plus représentatives de l'abondance des populations exploitées (merlu, langoustine, sole) et/ou pour la standardisation de l'effort de pêche, et par le fait, proposer de nouveaux indices d'abondance de ces populations.

Résultat 5

Le dernier résultat consistera en l'intégration de l'ensemble des résultats précédents pour proposer une nouvelle connaissance de la dynamique des flottilles sur la pêcherie chalutière démersale du golfe de Gascogne (dans le cadre du projet Probyfish financé par la DG MARE pour lequel les données VMS, SIH, RECOSPECA disponibles). **Valorisation de ces 2 derniers résultats dans un article scientifique et des communications orales.**

Budget détaillé par année (missions, fonctionnement autre) et justifié par poste de dépenses

2019 :

Achat livres : 500 euros

Février-Juillet : Master 2 co-encadré entre Ifremer et Université de Nantes : 3 500 € (gratification). Ce master, de formation en mathématiques appliqués (statistiques et modèles de graphes) sera une amorce à la collaboration entre les deux unités. Le sujet porte sur l'exploration des méthodes d'analyse de graphe pour extraire des indicateurs de comportement collectif au sein d'une flottille. Ce stage sera aussi une opportunité pour évaluer les compétences d'un étudiant qui pourrait réaliser la thèse associée à ce projet.

Mars, juin, novembre: 3 ateliers de deux jours à Nantes (10 participants + expert invité) 3* 1500 euros (mission)

Atelier 1 : formation aux modèles graphiques

Atelier 2 : Application / validation (indicateurs, matrices d'adjacence, représentations graphiques)

Atelier 3 : Application / validation (propriétés topologiques)

Présentation des travaux au GDR ecostat (groupe de travail statistique et comportement) à Avignon : 3*400 euros (mission) et à la conférence transdisciplinaire Oceanext (session systèmes complexes et interactions) organisée à Nantes (pas de frais d'hôtel ni de déplacement) : inscription 3*200 euros (mission).

2020 :

Janvier, juin: 2 ateliers de deux jours à Nantes (10 participants + expert invité) 2* 1500 euros (mission)

Atelier 4 : Perfectionnement aux modèles graphiques

Atelier 5 : Application / validation (passage en grande dimension)

Présentation des travaux à la conférence annuelle du CIEM : 2*1500 euros (mission) et au GDR ecostat : 3*400 euros (mission)

Frais de publication : 2000 euros

Total :19500 euros (dont 10300 euros en 2019)

Gratification : 3500 euros

Fonctionnement (livres + frais publication) : 2500 euros

Mission :13500 euros

En quoi pensez-vous que votre projet pourrait être valorisé dans le monde économique ?

Le master pourra valoriser son travail soit vers le monde académique soit vers le monde économique du bigDATA. Les résultats du projet seront présentés dans le cadre des ateliers des projets Probyfish et MACCO aux représentants des organisations de producteurs qui pourront les ré-exploiter dans leurs travaux d'analyse de CPUE.

En quoi pensez-vous que votre projet puisse intéresser l'appui aux politiques publiques ?

Ce projet apportera une meilleure compréhension de la dynamique des flottilles pour mieux évaluer la pression de pêche et anticiper les conséquences des mesures de gestion. Il permettra de disposer d'indices d'abondance plus justes pour suivre l'évolution des populations ciblées par les pêcheurs.

Avis Directeur.rice d'Unité

Nom Directeur.rice : Pierre PETITGAS

Avis :

Le projet vise à initier une collaboration entre EMH et le laboratoire Jean Leray de l'Univ-Nantes, pour appliquer les méthodes mathématiques d'analyses des graphes, à la caractérisation du comportement collectif des bateaux de pêches, en utilisant leurs trajectoires géographiques. L'application de ces méthodes est nouvelle en halieutique. Le projet est conçu autour d'ateliers de formation aux méthodes, d'un Master et d'une thèse demandée par ailleurs sur cette même thématique. En plus de la thèse, le projet propose d'évaluer l'effet du comportement collectif sur les captures par unité d'effort. Les données utilisées dans ce projet servent aussi à d'autres projets, offrant la possibilité à terme, de comparaisons avec des approches plus classiques. Avis favorable.

Signature Directeur.rice d'Unité

