

"GEOPEL" Post-doc position

Behavioral model of geolocation for tagged pelagic fish: the European sea bass case study

The application of advanced statistical methods to the analysis of marine animal tagging data has become very popular in recent years. This trend is closely linked to the growing deployment of archival tags. These marks record accurately the immediate environment of the host animal (e.g., depth, temperature, light). This data can then be used to estimate the position of individuals during their period of freedom at sea. For pelagic fish, such as the European sea bass, the trajectory reconstruction is achieved with a hidden Markov model only from series of temperature and depth recorded by electronic tags (de Pontual et al. 2013, Woillez et al. accepted). To geolocate the fish, the model, inspired by the work of Pedersen et al. (2008; 2011) on the North Sea cod (geolocation model based on the recognition of tidal patterns in depth data recorded by DST), compares daily temperatures recorded by the tag with temperatures observed by satellite or derived from a hydrodynamic model (MARS3D). The maximum daily bathymetries are only used as an additional constraint in the geolocation model (binary depth observation model that allows to define exclusion zones). This geolocation model works correctly. However it can still be largely improved.

Currently the trajectories reconstruction of tagged sea bass is performed using a spatial resolution of 4 km x 4 km specified by the hydrodynamic model MARS3D. This hydrodynamic model is now available at a finer resolution of 2.5 km x 2.5 km, which should help to better constrain the geolocation model especially for the bathymetry. This resolution and a continuous depth observation model as in Pedersen et al. (2008) should allow us to better capture potential movements inside estuaries. Furthermore, only the temperature data is currently used. They could be enriched with other variables derived from depth that are the phase and the amplitude of tides signals detectable on certain tags in certain periods and regions. These variables have proven to be useful in contrasting tidal areas such as in the North Sea and in the English Channel (Pedersen et al., 2008). They could therefore improve the trajectories reconstruction of tagged sea bass in these areas. Finally, the depth data is a wealth of information of very high temporal resolution (every 1-3 minutes) it would be appropriate to use. The post-doctorate will review realized treatments of vertical profiles acquired by DST tags on different species. These treatments have been able to identify different patterns of characteristics such time periodicity (de Pontual et al. 2013). The post-doctorate will perform a joint analysis of horizontal and vertical fish behavior during its period of freedom at sea, and will develop a geolocation model incorporating behavioral switches (i.e. change of displacement characteristics) related to the fish biology (foraging, migration, breeding) to build more realistic trajectories. The envisaged extension of the geolocation model could be the addition of a variable corresponding to the hidden behavioral state (Patterson et al, 2009; Pedersen et al, 2011; Gloaguen et al, 2015.). These improvements of the geolocation model will be generic i.e. applicable to various pelagic species. Regarding the sea bass, they should allow to answer the following fisheries issues:

- **Do three-dimensional patterns exist for the sea bass that are characteristics of migration behavior, feeding, or reproduction ?**
- **What are the migration strategies for the sea bass, depicted through the reconstructed trajectories by such a geolocation model including behavioral switches?**
- **How is the sea bass population structured in space and time along the French coast?**

Keywords: hidden Markov model, geolocation, horizontal movements, vertical behaviors, migration, European sea bass

References

- de Pontual, H., Ngo, T.T., Lalire, M., Lazure, P., Garren, F., Drogou, M., Woillez, M., Fablet, R., 2013. Understanding the spatial dynamics of European sea bass: new insights on seasonal migration patterns from electronic tagging off the coast of west Brittany. ICES Annual Science Conference 2013, 23-27 September 2013, Reykjavik, Iceland.
- Gloaguen, P., Mahévas, S., Rivot, E., Woillez, M., Guitton, J., Vermard, Y., Etienne, M.P., 2015. An autoregressive model to describe fishing vessel movement and activity. *Environmetrics* 26, 17–28
- Patterson, T.A., Basson, M., Bravington, M.V., Gunn, J.S., 2009. Classifying movement behaviour in relation to environmental conditions using hidden Markov models. *J. Anim. Ecol.* 78, 1113–1123.
- Pedersen, M. W., Righton, D., Thygesen, U. H., Andersen, K. H., and Madsen, H., 2008. Geolocation of North Sea cod (*Gadus morhua*) using hidden Markov models and behavioural switching, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 65(11), 2367-2377.
- Pedersen, M. W., Thygesen, U. H. and Madsen, H., 2011. Nonlinear tracking in a diffusion process with a Bayesian filter and the finite element method. *Computational Statistics & Data Analysis*, 55(1), 280-290.
- Woillez, M., Fablet, R., Ngo, T.T., Lalire, M., Lazure, P., de Pontual, H., accepted. A HMM-based model to geolocate pelagic fish from high-resolution individual temperature and depth histories: European seabass as a case study. *Ecological Modelling*.

Candidate profile

Potential candidates must have competences in data analysis (e.g. time series), statistical/mathematical modeling and programming (knowing Python would be a plus), with preferably some experience in marine ecology. They should be interested in ecological questions involving fish behavior associated with statistical/mathematical developments.

Supervisors:

Mathieu Woillez (Fishery sciences, Ifremer, Plouzané)
Hélène de Pontual (Marine ecology, Ifremer, Plouzané)
Ronan Fablet (Signal processing, Telecom-Bretagne, Plouzané)

18 months, starting as soon as possible (position open until first semester of 2016)

Located in Plouzané, France, at the Laboratoire de Biologie Halieutique, unité de Sciences et Technologies Halieutiques, Ifremer.

Gross salary at least ~2600 €/month. It will be adjusted depending on professional experience and the salary grid from Ifremer.

Send a CV and short e-mail/letter to mathieu.woillez@ifremer.fr

Post-doc "GEOPEL"

Modèle comportemental de géolocalisation des poissons pélagiques marqués: Cas du bar européen

L'application de méthodes statistiques avancées à l'analyse de données de marquage d'animaux marins est devenue très populaire ces dernières années. Cette tendance est étroitement liée au déploiement grandissant de marques archives. Ces marques enregistrent avec précision l'environnement immédiat de l'animal hôte (e.g. profondeur, température, lumière). Ces données peuvent ensuite être utilisées pour estimer la position des individus au cours de leur période de liberté en mer. Pour les poissons pélagiques, comme le bar européen, la reconstruction de trajectoire est réalisée avec un modèle Markovien à états cachés à partir des seules séries de températures et de profondeur enregistrées par les marques électroniques (de Pontual et al. 2013, Woillez et al. accepté). Pour localiser le poisson, le modèle inspiré des travaux de Pedersen et al. (2008 ; 2011) sur la morue de Mer du Nord (modèle de géolocalisation par reconnaissance des schémas de marée sur les données de profondeur enregistrées par DSTs), compare les températures journalières enregistrées par une marque aux températures observées par satellite ou issues d'un modèle hydrodynamique (MARS3D). Les bathymétries maximales journalières ne sont utilisées que comme une contrainte additionnelle dans le modèle de géolocalisation (modèle binaire d'observation de la profondeur qui permet de définir des zones d'exclusion). Ce modèle de géolocalisation fonctionne correctement. Il est cependant encore largement perfectible.

Actuellement la reconstruction des trajectoires des bars marqués se fait à une résolution spatiale de 4 km x 4 km spécifiée par le modèle hydrodynamique MARS3D. Ce modèle hydrodynamique est désormais disponible à une résolution plus fine de 2.5 km x 2.5 km, qui devrait permettre de mieux contraindre le modèle de géolocalisation au niveau de la bathymétrie. Cette résolution et un modèle continu d'observation de la profondeur devraient permettre de mieux capturer d'éventuels mouvements dans les estuaires. Par ailleurs, seules les données de température sont actuellement utilisées pour la géolocalisation. Le modèle pourrait s'enrichir d'autres variables dérivées de la profondeur telles que la phase et l'amplitude des signaux de marées, détectables sur certaines marques pendant certaines périodes et dans certaines régions. Ces variables ont démontré leur utilité dans des zones contrastées de marée comme en mer du Nord et en Manche (Pedersen et al., 2008). Elles pourraient donc améliorer la reconstruction des trajectoires des bars marqués dans ces zones. Enfin, les données de profondeur sont une mine d'information de très haute résolution temporelle (toutes les 1 à 3 minutes) qu'il serait judicieux d'exploiter. Le(la) post-doctorant(e) s'inspirera de travaux sur les traitements de profils verticaux acquis par marques DST sur différentes espèces. Ces traitements ont pu dégager différents patterns caractéristiques comme par exemple des cyclicités (de Pontual et al. 2013). Une analyse conjointe des comportements horizontaux et verticaux du poisson lors de sa période de liberté en mer devrait permettre de développer un modèle de géolocalisation incorporant des changements comportementaux (i.e. changement des caractéristiques de déplacement) en lien avec la biologie du poisson (alimentation, migration, reproduction) pour reconstruire des trajectoires plus réalistes. L'extension du modèle Markovien de géolocalisation envisagée pourrait concerner l'ajout d'une variable correspondant à l'état comportemental caché (Patterson et al., 2009; Pedersen et al., 2011; Gloaguen et al., 2015). Ces améliorations du modèle de géolocalisation seront génériques i.e. applicables à différentes espèces pélagiques. Concernant le bar a proprement parlé elles devraient permettre de répondre aux questions halieutiques suivantes :

- **Existe-t-il chez le bar des patterns en trois dimensions caractéristiques de comportements de migration, d'alimentation ou de reproduction ?**
- **Quelles sont les stratégies migratoires du bar, vues au travers des trajectoires reconstruites par ce nouveau modèle de géolocalisation incluant des changements comportementaux ?**
- **De quelle manière la population de bar se structure-t-elle dans l'espace et dans le temps le long des côtes françaises ?**

Mots-clés : modèle Markovien à états cachés, géolocalisation, mouvements horizontaux, comportements verticaux, migration, bar européen

Références

- de Pontual, H., Ngo, T.T., Lalire, M., Lazure, P., Garren, F., Drogou, M., Woillez, M., Fablet, R., 2013. Understanding the spatial dynamics of European sea bass: new insights on seasonal migration patterns from electronic tagging off the coast of west Brittany. ICES Annual Science Conference 2013, 23-27 September 2013, Reykjavik, Iceland.
- Gloaguen, P., Mahévas, S., Rivot, E., Woillez, M., Guitton, J., Vermard, Y., Etienne, M.P., 2015. An autoregressive model to describe fishing vessel movement and activity. *Environmetrics* 26, 17–28
- Patterson, T.A., Basson, M., Bravington, M.V., Gunn, J.S., 2009. Classifying movement behaviour in relation to environmental conditions using hidden Markov models. *J. Anim. Ecol.* 78, 1113–1123.
- Pedersen, M. W., Righton, D., Thygesen, U. H., Andersen, K. H., and Madsen, H., 2008. Geolocation of North Sea cod (*Gadus morhua*) using hidden Markov models and behavioural switching, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 65(11), 2367-2377.
- Pedersen, M. W., Thygesen, U. H. and Madsen, H., 2011. Nonlinear tracking in a diffusion process with a Bayesian filter and the finite element method. *Computational Statistics & Data Analysis*, 55(1), 280-290.
- Woillez, M., Fablet, R., Ngo, T.T., Lalire, M., Lazure, P., de Pontual, H., accepté. A HMM-based model to geolocate pelagic fish from high-resolution individual temperature and depth histories: European seabass as a case study. *Ecological Modelling*.

Profile du(de la) candidat(e)

Les candidats potentiels doivent avoir des compétences en analyse de données (e.g. séries temporelles), en modélisation statistique/mathématique et en programmation (connaître Python serait un avantage), et de préférence de l'expérience en écologie marine. Ils devraient être intéressés par les questions écologiques sur le comportement des poissons en association avec des développements statistiques/mathématiques.

Encadrants:

Mathieu Woillez (Halieutique, Ifremer, Plouzané)
Hélène de Pontual (Ecologie marine, Ifremer, Plouzané)
Ronan Fablet (Traitement du signal, Telecom-Bretagne, Plouzané)

18 mois, dès que possible (poste ouvert jusqu'au 1er trimestre 2016)

Basé à Brest, France, Ifremer, unité de Sciences et Technologies Halieutiques, Laboratoire de Biologie Halieutique.

Salaire brut au moins ~2600 €/mois. Il sera ajusté en fonction de l'expérience professionnelle et de la grille de salaire d'Ifremer.

Envoyer un CV et une courte lettre de motivation à mathieu.woillez@ifremer.fr