

**Université de Caen Basse Normandie**  
**UMR Morphologie Continentale et Côtière**  
**Année universitaire 2014-2015**  
**Stage de Master 2**

**Analyse de sensibilité des modèles trophiques en estuaire de Seine sous l'angle des changements de connectivité**

**Responsable du stage**

Jean-Claude Dauvin, Professeur à l'Université de Caen Basse-Normandie, Université de Caen Basse-Normandie, UMR CNRS M2C (Morphologie Continentale et Côtière) 6143, 24 rue des Tilleuls, 14000 Caen  
Téléphone : 33(0)2 31 56 57 22  
Courriel : [jean-claude.dauvin@unicaen.fr](mailto:jean-claude.dauvin@unicaen.fr)

*Autres scientifiques impliqués*

Nathalie Niquil, Directeur de Recherche CNRS, UMR BOREA, UMR BOREA - Biologie des ORganismes et Ecosystèmes Aquatiques, MNHN, UPMC, UCBN, CNRS-7208, IRD-207, IBFA, Université de Caen Basse-Normandie, CS 14032, 14032 CAEN cedex 5  
Tel : 33(0)2 31 56 58 85  
Courriel : [nathalie.niquil@unicaen.fr](mailto:nathalie.niquil@unicaen.fr)

Jean-Philippe Lemoine, chargé de mission « Hydrodynamique et Transport Sédimentaire », Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval, Pôle Régional des Savoirs - 115 Boulevard de l'Europe, 76100 ROUEN  
Tel : 33 (0)2 35 98 08 55  
Courriel : [jplemoine@seine-aval.fr](mailto:jplemoine@seine-aval.fr)

**Programme de Rattachement : Projet ANTROPOSEINE – GIP Seine Aval (ANalyse de la structure TROPhique et cONtribution des habitats de l'estuaire de la SEINE)**

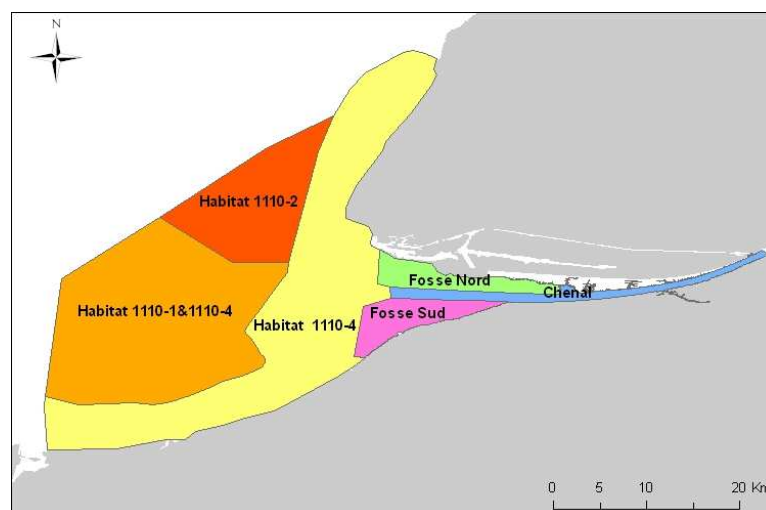
L'estuaire de la Seine correspond aux 160 derniers kilomètres du fleuve et est délimité en amont par le barrage de Poses en amont et la partie orientale de la baie de Seine en aval. Il est morcelé par de nombreuses entités de gestion et son unité est essentiellement physique et écologique, plutôt qu'administrative et sociale. Ce système est aussi fortement 'compartimenté' résultat de 150 ans d'aménagements à des fins de trafic maritime et fluvial pour accéder aux deux grands ports maritimes celui de Rouen à 120 km de la mer et celui du Havre à l'embouchure de l'estuaire.

Les impacts de ces aménagements se sont notamment traduits par des modifications importantes des caractéristiques hydro-morpho-sédimentaires de l'estuaire induisant de profondes modifications des habitats et de leurs surfaces. Pour bien appréhender les conséquences de ces aménagements sur le fonctionnement du réseau trophique, il est indispensable de caractériser la contribution des habitats au fonctionnement du réseau trophique. Dans le cadre du dernier grand aménagement (Port 2000, 2002-2005), d'importants travaux ont été réalisés qui ont conduit à une modification profonde de la morphologie et de l'hydrodynamique de la zone aval de l'estuaire et à une accentuation de la compartimentation

du système estuarien au moins dans sa partie aval. Cependant, de nombreuses opérations de suivi ont été entreprises dans le cadre du suivi de l'impact de cet aménagement. Jusqu'ici aucune ne s'est située à l'échelle du réseau trophique de l'ensemble de la communauté. Or, les données acquises permettent d'envisager une comparaison à deux périodes correspondant à une période pré Port 2000 et une période post Port 2000.

De plus, la politique Européenne de gestion de l'environnement a montré une évolution vers une approche holistique des écosystèmes, qui n'est possible que si elle s'appuie sur des connaissances scientifiques solides du fonctionnement de ces écosystèmes et de la façon dont les pressions humaines le modifient. L'étude du fonctionnement des écosystèmes a mené au développement de modèles statiques de réseaux trophiques. Comme l'approche ECOPATH (Christensen et Pauly, 1992 ; Christensen et al. 2008). Ces méthodes permettent d'avoir une vue instantanée de l'ensemble des flux trophiques et ainsi de calculer des indices de fonctionnement de l'analyse des réseaux écologiques (ENA pour Ecological Network Analysis).

En ce qui concerne l'estuaire de la Seine, le premier modèle du réseau remonte à 2003 et concerne la partie aval (Rybarczyk et Elkaim 2003). Ce travail constituait une première vision globale et systémique du réseau trophique. En 2006, un rapport d'étude réalisé dans le cadre de Seine-Aval 3 (Vincent et al., 2006) reprenait ces travaux et les complétait avec une première tentative de spatialisation du réseau trophique. Par ailleurs, depuis 2008, le GIPSA développe une approche spatialisée du fonctionnement écologique de l'estuaire à travers la construction d'un SIG destiné à cartographier les fonctions écologiques associées aux différents habitats de l'estuaire (SIG-Habitats Fonctionnels)(Bacq & Guillerme, 2011; Bacq et al., 2011). Plus récemment Lobry (2012) proposait une première étape d'actualisation des démarches de modélisation du réseau trophique de l'estuaire de la Seine en cohérence avec le développement de l'approche fonctionnelle et spatiale entreprise dans le cadre du développement du SIG-HF.



Cartographie des six secteurs de la partie aval de l'estuaire de Seine retenus dans le projet Antroposeine

Dans le projet ANTROPOSEINE (2013-2016), l'objectif général de cette démarche de modélisation est de contribuer à l'identification et la caractérisation de la contribution fonctionnelle des différents habitats et secteurs de l'estuaire à sa fonctionnalité globale vue ici sous l'angle trophique. Dans le cadre du projet, il a été décidé, de considérer une situation représentant une année moyenne caractéristique de la période 2000-2003. Or, notamment dans le cadre de PORT 2000, de nombreuses données ont été acquises depuis à différentes échelles.

Ces données sont mobilisées pour construire des modèles trophiques représentatifs d'une situation plus récente. L'étude est réalisée dans le cadre du post-doctorat de Samuele Tecchio dans l'UMR BOREA (janvier 2014-juillet 2016). En collaboration avec les deux équipes M2C, BOREA et le GIP SA, le sujet proposé pour un stage de Master 2 (six mois) est d'intégrer le groupe afin de réaliser une analyse de sensibilité des modèles trophiques sous l'angle des changements de connectivité. Il s'agira de coupler les modèles de réseaux trophiques disponibles dans chacun des compartiments au modèle physique numérique disponible au GIP SA de façon à estimer les flux de matière et d'énergie entre les compartiments du système pris deux à deux. Ces estimations seront réalisées pour deux périodes hydrologiques contrastées : étiage (2002-2011) et crue (1995-2001). Enfin, il sera testé la suppression totale d'un compartiment spatial (Fosse Nord, Fosse Sud) pour juger de sa répercussion dans le fonctionnement trophique global de la partie aval de l'estuaire.

Ce sujet à l'interface entre modèles physiques et modèles écologiques s'adresse plutôt à un(e) étudiant(e) ayant une formation en modélisation physique du littoral et une forte capacité de synthèse et d'intégration de disciplines différentes.

## Références utiles

- Alizier S., 2011. Les communautés benthiques subtidales de la partie orientale de la baie de Seine. Thèse de Doctorat de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, 206 p + annexes
- Ameziane, N., Chardy, P. & Dauvin, J.C., 1995. Modelling carbon flows in soft-bottom communities from the bay of Morlaix (western English channel): a first comprehensive attempt. *Proceedings of 28 th E.M.B.S., Biology and Ecology of shallow coastal waters*, Eleftheriou, A., Ansell, A.D. & Smith, C.J. (eds), Olsen & Olsen, 215-224.
- Chardy, P. & Dauvin, J.C., 1992. Carbon flows in a subtidal fine sand community from the western English Channel: a simulation analysis. *Marine Ecology Progress Series* 81 : 147-161.
- Dauvin J.C. & Desroy N., 2005. The food web in the lower part of the Seine estuary. *Hydrobiologia* 540 : 13-27
- Dauvin J.C., Desroy N., Janson A.L., Vallet C. & Duhamel S. (2006) Recent changes of estuarine benthic and suprabenthic communities in response to harbour infrastructural development. *Marine Pollution Bulletin* 53 : 80-90.
- Dauvin, J.C., Alizier, S., Vallet, C., Ruellet, T. 2010. Does the Port 2000 harbour construction have an effect on the Seine estuary suprabenthic community (English Channel)? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86, 42-50.
- Garcia, C., Chardy, P., Dewarumez, J.M. & Dauvin, J.C., 2011. Assessment of Benthic Ecosystem Functioning Through Trophic Web Modelling: The Example of the Eastern Basin of the English Channel and the Southern Bight of the North Sea. *Marine Ecology: an evolutionary perspective* 32 (Suppl. 1), 72-86.
- Lassalle G, Lobry J, Le Loc'h F, Mackinson S, Sanchez F, Tomczak MT, Niquil N (2013) Ecosystem status and functioning: searching for rules of thumb using an intersite comparison of food-web models of North-Eastern Atlantic continental shelves. *ICES Journal of Marine Science* 70 : 135-149
- Lassalle, G., Lobry, J., Le Loc'h, F., Bustamante, P., Certain, G., Delmas, D., Dupuy, C., Hily, C., Labry, C., Le Pape, O., Marquis, E., Petitgas, P., Pusineri, C., Ridoux, V., Spitz, J. & Niquil, N., 2011. Lower trophic levels and detrital biomass control the Bay of Biscay continental shelf food web: Implications for ecosystem management. *Progress in Oceanography* 91: 561-575.
- Lassalle, G., Lobry, J., Le Loc'h, F., Mackinson, S., Sanchez, F., Tomczak, M.T. & Niquil, N., 2013. Ecosystem status and functioning: searching for rules of thumb using an intersite comparison of food-web models of Northeast Atlantic continental shelves. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 70: 135-149.
- Lobry, J., David, V., Pasquaud, S., Lepage, M., Sautour, B. & Rochard, E., 2008. Diversity and stability of an estuarine trophic network. *Marine Ecology Progress Series* 358: 13-25.
- Mouny P. & Dauvin J.C., 2002. Environmental control of mesozooplankton community structure in the Seine estuary (English Channel). *Oceanologica Acta* 25 : 13-22.
- Niquil N, Chaumillon E, Johnson GA, Bertin X, Grami B, David V, Bacher C, Asmus H, Baird D, Asmus R (2012) The effect of physical drivers on ecosystem indices derived from ecological network analysis: comparison across estuarine ecosystems. *Special Issue Estuarine systems: changes and challenges. Estuarine Coastal and Shelf Sciences* 108 : 132-143
- Rochette, S., Lobry, J., Lepage, M. & Boët, P., 2009. Dealing with uncertainty in qualitative models with a semi-quantitative approach based on simulations. Application to the Gironde estuarine food web (France). *Ecological Modelling* 220: 122-132.
- Rombouts I, Beaugrand G, Fizzala X, Gaill F, Greenstreet SPR, Lamare S, Le Loc'h F, McQuattors-Gollop A, Mialet B, Niquil N, Percelay J, Renaud F, Rossberg AG, Féral JP (2013) Food web indicators under the Marine Strategy Framework Directive: from complexity to simplicity? *Ecological Indicators* 29 : 246-254
- Selleslagh, J., Lobry, J., Amara, R., Brylinski, J.-M. & Boët, P., 2012. Trophic functioning of estuarine ecosystems along a gradient of anthropogenic pressures: a French case study with emphasis on a small and low impacted estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 112: 73-85.
- Bacq, N. & Guillerme, D., 2011. SIG Habitats Fonctionnels de l'estuaire de la Seine. Objectifs, hypothèses et premiers résultats. GIP Seine Aval, 74 pp.

- Bacq, N., Moussard, S. & Lobry, J., 2011. Cartographier les fonctionnalités pour spatialiser le potentiel écologique : mise en place d'un outil SIG Habitats fonctionnels sur les estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde, Rapport technique du Groupe de travail « SIF 'Habitats Fonctionnels' » du projet BEEST (LITEAU III), 26 pp.
- Christensen, V. & Pauly, D., 1992. ECOPATH II - a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling* 61: 169-185.
- Christensen, V., Walters, C. J., Pauly, D., and Forrest, R. 2008. Ecopath with Ecosim version 6: user guide. Fisheries Centre, the University of British Columbia, Vancouver, Canada. 235 pp.
- Dauvin, J.-C., 2007. Paradox of estuarine quality: Benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. *Marine Pollution Bulletin* 55: 271-281.
- Elliott, M. & Quintino, V., 2007. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin* 54: 640-645.
- Foussard, V., Civilliez, A., Fajon, P., Fisson, C., Lesueur, P., Macur, O. 2010. Evolution morphologique d'un estuaire anthropisé de 1800 à nos jours. Fascicule Seine Aval 2.3
- Garcia, C. (2010). Approche fonctionnelle des communautés benthiques du bassin oriental de la Manche et du sud de mer du Nord. Lille, Université de Lille Nord de France. Ph.D: 396p.
- Garcia, C., P. Chardy, et al. (2011). "Assessment of benthic ecosystem functioning through trophic web modelling: the example of the eastern basin of the English Channel and the Southern Bight of the North Sea." *Marine Ecology: an evolutionary perspective* 32 (Suppl. 1): 72-86.
- Leguerrier D, Degré D, Niquil N (2007) Network analysis and inter-ecosystem comparison of two intertidal mudflat food webs (Brouage Mudflat and Aiguillon Cove, SW France). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 74 (3) : 403-418
- Lobry, J., 2012. Actualisation du modèle de réseau trophique de l'estuaire de la Seine, Rapport d'étude pour le GIP Seine Aval, 45 pp.
- Lobry, J., David, V., Pasquaud, S., Lepage, M., Sautour, B. & Rochard, E., 2008. Diversity and stability of an estuarine trophic network. *Marine Ecology Progress Series* 358: 13-25.
- Patten BC (1995) Environs, emergy, transformity and energy value. In: Hall CAS (Ed). *Maximum Power: Application of the Ideas of Howard Odum to Ecology, Economics and Engineering*. University of Colorado Press, Niwot, Colorado. pp. 255-278
- Patrício J., Ulanowicz, R., Pardal, M.A., Marques, J.C., 2004. Ascendency as ecological indicator: a case study on estuarine pulse eutrophication. *Estuar. Coast Shelf Sci.* 60, 23-35.
- Rybarczyk, H. & Elkaim, B., 2003. An analysis of the trophic network of a macrotidal estuary: the Seine Estuary (Eastern Channel, Normandy, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58: 775-791.
- Vincent, L., Rybarczyk, H. & Dauvin, J.-C., 2006. Analyse du fonctionnement du réseau trophique de l'estuaire de la Seine et des structures spatiales qui la constituent, Rapport scientifique Seine-Aval 3, 53 pp.