

## Proposition de stage recherche M2 - 2021-2022

### *Compléments de la simulation numérique dans la compréhension de processus en écologie fonctionnelle planctonique*

#### Encadrants :

- Eric Ramat (LISIC - Calais)
- Jordan Toullec (Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences – Station marine de Wimereux)

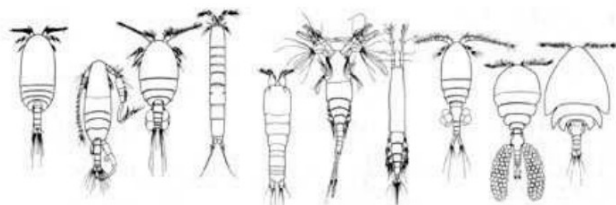
**Email(s) :** eric.ramat@univ-littoral.fr et jordan.toullec@univ-littoral.fr

**Durée : 6 mois**

**Mots-clés :** Modélisation, simulation/C++, biologie théorique et biologie marine

#### Contexte et objectifs

En tant que premier maillon du réseau trophique océanique, Le plancton tient un rôle clé au sein des écosystèmes pélagiques ainsi que dans les grands cycles biogéochimiques. Dans ces communautés d'organismes microscopiques, les interactions proies/prédateurs sont au centre du transfert de l'énergie et du carbone vers les maillons trophiques supérieurs (poissons et pêche) mais contribuent également à transférer le CO<sub>2</sub> sous forme de matière organique sédimentable vers l'océan profond. Par ce phénomène, le plancton joue un rôle majeur dans la séquestration du carbone par les océans ainsi que dans la régulation du climat globale. Le rythme d'ingestion des proies (phytoplancton) par des prédateurs (zooplancton) et de mieux en mieux compris grâce à l'approche expérimentale (incubations en laboratoire), mais également via des approches numérique (simulations, modèles mathématiques).

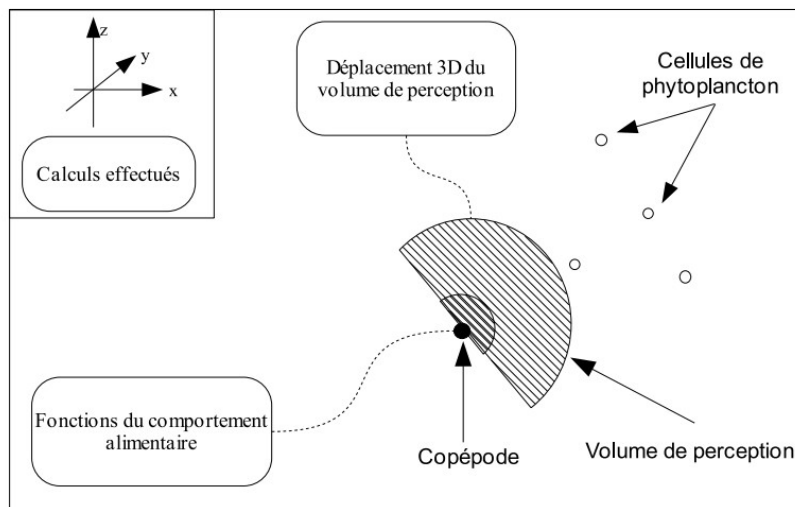


L'objectif de ce stage est de comprendre comment le taux de rencontre entre une proie (micro-algues - phytoplancton) et un prédateur (copépodes - zooplancton) modifie le comportement des prédateurs.

Grâce à une approche par modélisation et simulation numérique 3D, nous allons chercher à :

1. simuler l'ingestion de micro-algues par des copépodes selon différents scénarii (variation de la concentration en micro-algues et/ou variation de la taille des micro-algues)
2. simuler le volume d'émission de pelotes fécales par les copépodes selon différents scénarii.

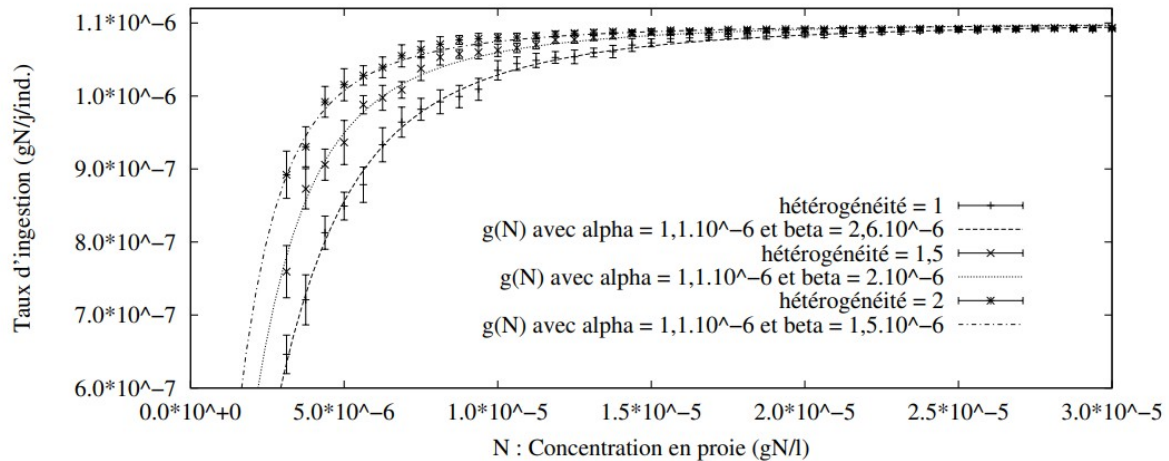
Le travail débutera par une analyse d'un simulateur développé dans le cadre du projet de recherche « Hiérarchisation de processus et transferts d'échelles dans le milieu pélagique marin par une approche de modélisation dynamique ». Ce simulateur 3D, à événements discrets et centré individus développé en C++ permet de prendre en compte le comportement du copépode dans un milieu plus ou moins turbulent et en interaction de prédation avec le phytoplancton.



Le processus d'ingestion est couplé à un modèle d'activités métaboliques (Caparroy1996) incluant la production de pelotes fécales. De manière plus précise, le copépode capture une proie. Après un temps de manipulation, celle-ci est stockée dans l'estomac et entre dans le processus de digestion. L'estomac transforme son contenu soit en énergie utilisable (proies assimilées), soit en déchets (pelotes fécales). Cette transformation est continue. L'énergie utilisable est soit mise à disposition du métabolisme (digestion, nage, etc.) soit stockée (pour la production d'œufs chez les femelles, par exemple). Quant aux déchets, ils sont évacués.

L'ingestion des copépodes constitue l'une des sorties du simulateur et a permis de vérifier un ensemble de modèles mathématiques (celui d'Arditi 1992, par exemple) en plongeant le copépode dans un environnement conforme aux hypothèses sous-jacentes des modèles mathématiques. On parle alors d'émergence et on peut identifier les paramètres de ces

modèles. Ce travail a aussi permis de lier ce processus d'ingestion à un modèle de dynamique proie-prédateur à l'échelle d'une population afin de constituer un modèle multi-échelles.



Après cette phase d'analyse, l'étape suivante consistera à intégrer les nouvelles hypothèses de ce stage (variation de la concentration en micro-algues et/ou variation de la taille des micro-algues, production de pelotes fécales, ...). Il sera donc nécessaire d'adapter le simulateur et d'imaginer, probablement, de nouvelles équations ou processus pour prendre en charge les hypothèses.

D'autre part, ce travail sera couplé à des données d'expérimentations in-vivo qui formeront une base de comparaisons et/ou de paramétrage.

## Références

- Arditi R. et Saiah H. – Empirical evidence of the role of heterogeneity in ratio-dependent consumption. *Ecology*, vol. 73, num. 5, 1992, pp. 1544–1551.
- Caparroy P. et Carlotti F. – A model for *Acartia tonsa* : Effect of turbulence and consequences for the related physiological processes. *Journal of Plankton Research*, vol. 18, num. 11, 1996, pp. 2139–2177.
- Carlotti F. et Nival P. – Model of copepod growth and development : moulting and mortality in relation to physiological processes during an individual moult cycle. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 84, 1992, pp. 219–233.
- Caparroy P., Perez M.T. et Carlotti F. – Feeding behaviour of *Centropages typicus* in calm and turbulent conditions. *Mar. Eco. Pro. Ser.*, vol. 168, 1998, pp. 109–118.

- Duboz R., Ramat E. et Preux P. – Scale transfer modeling : Using emergent computation for coupling an ordinary differential equation system with a reactive agent model. *Systems Analysis Modeling & Simulation*, vol. 43, num. 6, 2003, pp. 793–814.
- Giuffre, C., Hinow, P., Jiang, H., and Strickler, J. R. (2019). Oscillations in the near-field feeding current of a calanoid copepod are useful for particle sensing. *Scientific reports* 9, 1–8.
- Jiang, H. et Osborn, T. R. (2004). Hydrodynamics of copepods: a review. *Surveys in geophysics* 25, 339–370.
- Kiørboe, T. (2011). How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs. *Biological Reviews* 86, 311–339. doi:10.1111/j.1469-185X.2010.00148.x.
- Kiørboe, T., Saiz, E., Tiselius, P. et Andersen, K. H. (2018). Adaptive feeding behavior and functional responses in zooplankton. *Limnology and Oceanography* 63, 308–321. doi:10.1002/lno.10632.
- Kiørboe, T., Saiz, E. et Viitasalo, M. (1996). Prey switching behaviour in the planktonic copepod *Acartia tonsa*. *Marine Ecology Progress Series* 143, 65–75. doi:10.3354/meps143065
- Seuront L., Schmitt F. et Lagadeuc Y. – Turbulence intermittency, small-scale phytoplankton patchiness and encounter rates in phytoplankton : where do we go from here. *Deep Sea Research*, vol. I, num. 48, 2001, pp. 1199–1215.