

# Modélisation de l'incorporation du carbone photosynthétique en environnement marin piloté par ordinateur

Dans le cadre du développement d'un nouveau modèle de croissance phytoplanctonique, une démarche théorique et expérimentale est menée afin d'évaluer la pertinence de certaines approches couramment employées en modélisation biogéochimique. Dans un premier temps, ce travail évalue dans quelle mesure un modèle de croissance phytoplanctonique validé à partir d'expériences réalisées en condition stable est capable de reproduire correctement les variations de la biomasse lorsqu'il est utilisé avec des forçages journaliers variables. Nous étudions aussi si des modèles très simples de colimitation azote/lumière sont capables de représenter l'évolution du carbone particulaire dans le milieu marin et dans quelle mesure le recours à un rapport chlorophylle sur carbone constant est applicable pour estimer la biomasse en carbone.

L'étude théorique est parallèle à la conduite d'expériences réalisées en chémostat sur des cultures de diatomées *Thalassiosira weissflogii*. Un dispositif automatisé permet de réaliser des mesures à haute fréquence et d'imposer différents régimes lumineux (continu, cyclique, apériodique). Les mesures acquises lors de ces expériences ont permis l'identification des paramètres et la validation du modèle de croissance à l'équilibre et d'étudier la réponse des différents descripteurs de la population aux variations journalières du flux de photons. Ces expériences ont également mis en évidence le contrôle de la division cellulaire par une horloge interne et le couplage complexe de l'absorption du substrat avec le flux de photons.

La comparaison des sorties du modèle aux mesures souligne que ces propriétés, généralement pas représentées dans les modèles ou alors de façon très sommaire, ont des conséquences significatives sur l'adéquation entre simulations et observations. Il apparaît également que la validité d'un modèle utilisé en dehors de son domaine d'identification est *a priori* incertaine. Cette étude montre également que des modèles très simples peuvent se révéler, à l'équilibre, compétitifs en terme de capacité à simuler une biomasse en carbone par rapport à des modèles plus élaborés. Cependant, ils deviennent beaucoup moins performants pour des forçages lumineux journaliers variables. Enfin, les résultats expérimentaux et théoriques montrent que l'estimation de la biomasse en carbone à partir de mesures de chlorophylle, en utilisant un rapport chlorophylle sur carbone constant, conduit à des incertitudes importantes. Leurs effets peuvent être significatifs pour la capacité d'un modèle à représenter la biomasse au sein d'un écosystème.

Mots clés: chémostat, modélisation, *Thalassiosira weissflogii*, validation, identification, photoadaptation, absorption, division cellulaire.

# **Modelling the incorporation of carbon through photosynthesis in a computer controlled marine environment**

In parallel to the development of a new phytoplankton growth model, a theoretical and experimental approach is used to evaluate some common trends in biogeochemical modelling. First, we evaluate how a model which parameters are identified at steady-state behaves when used with dynamic forcings such as light variation due to vertical mixing. Secondly, we study if simpler models may be competitive with complex ones in terms of reliability for steady-state and dynamic conditions of forcings. Finally, we evaluate if the use of constant chlorophyll to carbon ratios is suitable to estimate particulate carbon concentrations from chlorophyll measurements.

The theoretical approach is conducted in parallel to experiments in chemostat on the diatoms *Thalassiosira weissflogii*. An automated system is used to perform high frequency samplings and to program different light regimes (continuous, cyclic, aperiodic) into the culture devices and levels of nitrate limitations. Acquired data were used to calibrate and validate the model at steady-state and to study the responses of the different parameters of the population for daily variation of the light regime. These experiments have highlighted the control of cell division by a biological clock and the complex dependency of nitrate uptake with light intensity.

The comparison between model outputs and observations has shown that these properties, generally poorly or not represented within primary production models have significant consequences on their capacity to simulate biomass in a realistic way. It also appears that it is almost impossible to predict the validity of a model is uncertain outside its domain of calibration. In some cases simulations are close to observation. In other situations, output are unreliable. This study has also shown that simpler models are able to simulate biomass at steady-state but are far less able to reproduce observations than complex models when used with dynamic forcings. We also demonstrated that the use of a constant chlorophyll to carbon ratio to estimate particulate carbon leads to significant uncertainties when these models are used in the context of ecosystem or biogeochemical modelling.

Keywords: chemostat, modelling, *Thalassiosira weissflogii*, validation, identification, photoadaptation, uptake, cell division.