

**LES NUTRIMENTS DANS LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS : ÉVOLUTION PLURI-DÉCENNALE,  
FORÇAGES DU CHANGEMENT GLOBAL ET CONSÉQUENCES SUR LA BIOMASSE ET LA DIVERSITÉ  
PHYTOPLANCTONIQUE**

**NUTRIENTS IN COASTAL ECOSYSTEMS : LONG-TERM EVOLUTION, GLOBAL CHANGES IMPACTS  
AND CONSEQUENCES ON THE PHYTOPLANKTON BIOMASS AND DIVERSITY**

Établissement **Université de Bordeaux**

École doctorale **Sciences et environnements**

Spécialité **Biogéochimie et écosystèmes**

Unité de recherche **Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux**

Directeur de la thèse Valérie DAVID

Co-Directeur Nicolas SAVOYE

Début de la thèse le **1 septembre 2018**

Date limite de candidature **31 mai 2018**

## Mots clés - Keywords

Nutriments, Diversité phytoplanctonique, Ecosystèmes côtiers, Forçages climatiques / anthropiques, Tendances pluri-décennales, Echelle multi-écosytémique

Nutrients, Phytoplankton diversity, Coastal ecosystems, Climate and Human pressures, Long-term trends, Multi-ecosystemic scale

## Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Le candidat pourra avoir un profil biogéochimiste et/ou écologue si possible spécialisé dans l'environnement marin, côtier avec une ouverture d'esprit certaine sur les autres disciplines. Une expérience en analyse de données est souhaitée ou du moins une volonté accrue de s'y atteler avec le logiciel R.

The candidate may have a biogeochemistry or ecology profile and if possible specialised in the marine / coastal environment and an openmindedness through others disciplines. Experiences in data treatment is wished or at least a high decision to make start on with the R software.

## Description de la problématique de recherche Project description

Les zones côtières sont indispensables à la survie des Hommes puisqu'elles fournissent de nombreux services (60% de la valeur économique produite par les écosystèmes marins) bien qu'elles ne représentent que 8,5% de leur surface. Certains services rendus par les écosystèmes côtiers reposent, du moins en partie, sur la structure du réseau trophique planctonique (capacité d'épuration, production de nourriture). Les zones côtières ont un rôle déterminant dans la transformation des éléments biogènes et dans la production de ressources marines. La grande diversité de ces systèmes, ainsi que l'hétérogénéité spatiale et temporelle des facteurs contrôlant les processus biogéochimiques et biologiques qui les gouvernent, contribuent à leur richesse. Parmi ces processus, la production primaire et la diversité phytoplanctonique est directement impactée par les apports de nutriments issus des bassins versants. La nature et la quantité de ces apports influent en effet directement sur les taux de production du milieu et peuvent être responsables de déséquilibres écologiques -nutritifs, biomasse, groupes taxonomiques et fonctionnels des compartiments situés à la base des réseaux trophiques, i.e. le phytoplancton. La biodiversité du phytoplancton joue un rôle clef dans le fonctionnement de ces écosystèmes et leur stabilité de par leur forte reactivité aux changements globaux, qu'ils soient climatiques (e.g.. évolution de la biogéographie des communautés sous l'impact du réchauffement) ou anthropiques (e.g. phénomènes d'eutrophisation ou de blooms toxiques liés aux forts intrants depuis les bassins versants). Ce compartiment biologique présente une forte diversité de groupes taxonomiques ayant des modes d'acquisition et des besoins en composés inorganiques ou organiques différents lui permettant de s'adapter à différentes conditions environnementales et de jouer un rôle fondamental dans les grands cycles biogéochimiques.

Face à la vulnérabilité de ces zones aux changements globaux et afin de les conserver et pouvoir exploiter durablement leurs ressources, la stratégie française pour la biodiversité s'est engagée à prendre les mesures nécessaires pour réduire les impacts des activités humaines afin de réaliser / maintenir un bon état écologique de ce milieu au plus tard en 2020. Dans ce cadre, l'utilisation d'indicateurs de santé apparait primordiale permettant de rendre compte des performances, de l'organisation et de la résilience de ces écosystèmes afin de 1) mesurer leur état de santé sous l'action de stress naturels et anthropiques, 2) de suivre les effets de mesures de gestion entreprises et 3) d'évaluer la réussite ou l'échec des objectifs escomptés.

Les pressions exercées sur ces systèmes, dans un contexte de changement global, justifient la mise en place de programmes d'observation de l'environnement sur le long-terme, essentiels à la compréhension du fonctionnement ainsi qu'à la mise en évidence de tendances et de modifications. Ainsi, le Service d'Observation du Milieu Littoral (SOMLIT ; INSU-CNRS ; <http://somlit.epoc.u->

bordeaux1.fr/fr/) est un réseau de onze stations marines réparties sur l'ensemble de la façade maritime française. Il a pour objectif scientifique d'étudier l'évolution à long terme des écosystèmes côtiers français et en particulier de déconvoluer les impacts climatiques et anthropiques sur leur fonctionnement en suivant les paramètres physico-chimiques et la biomasse phytoplanctonique. Le réseau PHYTOBS (<https://www.ir-ilico.fr/Les-reseaux-elementaires/Fiches-d-identite-des-reseaux-elementaires/PHYTOBS>) réunit les stations SOMLIT et 9 laboratoires de l'IFREMER. Au travers l'étude de la structure des communautés phytoplanctoniques et du contexte hydrologique associé, il a pour objectifs d'analyser les réponses de ces communautés aux changements environnementaux, d'évaluer la qualité du milieu littoral au travers d'indicateurs, de définir les niches écologiques, et de détecter les variations de phénologie. Les bases de données associées à ces réseaux ainsi que les résultats issus d'un travail en cours dans le cadre du projet PHYSALI (projet EC2CO 2017-2018) ayant pour objectif l'étude des traits fonctionnels associés aux espèces phytoplanctoniques en lien avec les fonctions écologiques des réseaux trophiques planctoniques serviront de base pour le déroulement de la thèse.

Le travail principal est un travail d'analyse de données (base de données SOMLIT principalement), notamment à l'aide d'outils numériques (statistiques, analyses de séries chronologiques, analyses multivariées). Une étude rétrospective de résultats obtenus dans le cadre des réseaux SOMLIT et PHYTOBS est proposée dans le but de comparer divers sites soumis à des influences océaniques, continentales et/ou anthropiques différentes et se répartissant sur les façades maritimes françaises (Manche-Atlantique et Méditerranée). L'évolution depuis 1998 des données de nutriments et de paramètres environnementaux associés, ainsi que des compartiments phytoplanctoniques (biomasses, diversités taxonomique et fonctionnelle) sera étudiée afin de 1) caractériser les variabilités saisonnières et annuelles ainsi que les tendances pluriannuelles des apports continentaux en nutriments et de leurs rapports stœchiométriques, 2) d'évaluer le rôle des facteurs de contrôle potentiels (forçages) sur ces évolutions et 3) d'évaluer les conséquences sur les biomasses/diversités du phytoplancton et des fonctions écologiques associées dans ces systèmes.

Ce travail permettra au doctorant d'acquérir i) un réseau de compétences nationales important, ii) une forte compétence en terme de processus impliqués dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers et leurs réponses face aux changements globaux, iii) des compétences en terme de taxonomie du phytoplancton ainsi que iv) une forte compétence en analyses numériques (séries chronologiques et analyses multivariées) poussées, notamment celles adaptées aux études de niche et à la diversité fonctionnelle, indispensables au contexte actuel de la recherche française et internationale. La participation aux sorties terrain sera possible, selon le souhait du candidat.

Coastal areas are essential to Human survival since they provided several services (60% of the economical value produced by the marine ecosystems) while they only represent 8,5% of the worldwide area. Some of them are based, at least partly on the planktonic trophic pathways (food production, water purification...). Coastal areas play a determinant role in the transformation of biogenic elements and the production of marine resources. The great diversity of these systems as well as the spatio-temporal heterogeneity of the factors driving the biogeochemical and biological processes contribute to their richness. Among these processes, the primary production and the phytoplankton diversity are directly impacted by nutrient inputs from the catchment basin. The nature and the quantity of these inputs act directly on the production rate and may be responsible of ecological disequilibrium – concerning nutrients, biomasses, taxonomic and functional groups of several biological compartments localized at the base of the trophic web, i.e. phytoplankton. The phytoplankton biodiversity plays a key role in the functioning and the stability of such ecosystems due to its high reactivity to Global Change, both climate and anthropogenic pressures. This biological compartment exhibits a high diversity of taxonomic groups with diversified acquisition modes and needs in inorganic and organic compounds that allow them to adapt to several environmental conditions and to play a role in the global biogeochemical cycles.

Considering the vulnerability of these systems facing Global Change and the necessity to conserve them and to pursue durably their resource exploitation, the French strategy for the biodiversity commits to take the necessary means to reduce the impacts of human activities to maintain or restore a Good Ecological Status at the latest of 2020. In this context, the use of Health indices are primordial to report ecosystems performances, organization and resilience in order i) to measure their Health status facing natural and anthropogenic stressors, ii) to follow the effects of several management measures and iii) to evaluate successes and failures of the objectives counted on.

In a Global Change context, the several pressures exerted on coastal systems justify the setting up of observation programs on a long-term scale in order to understand their functioning as well as to highlight trends or shifts. The Service d'Observation du Milieu Littoral (SOMLIT ; INSU-CNRS ; <http://somlit.epoc.u-bordeaux1.fr/fr/>) is a network of 11 marine stations distributed along the french coast. Its main objective is to study the long-term evolution of French coastal ecosystems, in particular dissociate the climatic and anthropogenic impacts on their functioning through several physico-chemical parameters and the phytoplankton biomass. The PHYTOBS network (<https://www.ir-ilico.fr/Les-reseaux-elementaires/Fiches-d-identite-des-reseaux-elementaires/PHYTOBS>) gathers SOMLIT stations and 9 Ifremer laboratories. Through the analyse of the phytoplankton community and its environmental context, it aims to characterize the response of these communities to the environmental changes, to evaluate the quality of the coastline through ecological indices, to define ecological niches and to detect phenological variations. The work proposed in the PhD will be based on the databases related to the both networks as well as a work realized currently in the PHYSALI project which aims to study the functional traits of the species in relation to the ecological functions of the planktonic trophic pathways (EC2CO 2017-2018).

The main work will be data treatments with numerical tools such as statistics, long-term series analysis, multivariate analysis. A retrospective study of the results obtained by both SOMLIT and PHYTOBS networks is proposed in order to compare several stations localized along the french Atlantic coast and submitted to different oceanic, continental and/or anthropogenic influences. The evolution since 1998 of the nutrients data and related environmental parameters as well as the phytoplankton compartment (biomasses, taxonomic and functional diversity) will be studied in order 1) to characterize the seasonal and year-to-year variability in relation to the interannual trends of the continental inputs in nutrients and their stoichiometric ratios, 2) to evaluate the role of the several forcings on these evolutions, 3) to evaluate their consequences on phytoplankton biomasses/diversities and the ecological functions of these systems.

This work will allow the candidate to acquire i) a consequent national skill network , ii) skills in term of implied processes in the coastal ecosystem functioning and their responses to Global Change, iii) skills in elaborated data treatment indispensable to the nowadays national and international context. The involvement in in situ campaigns will be also possible.

## Thématiques /Domaine /Contexte

---

Changement global, Etat de santé des écosystèmes, Changement climatique, Eutrophisation, Continuum continent-océan, Production biologique marine, diversités taxonomique et fonctionnelle du phytoplancton, Analyse de séries long-terme.

Biogéochimie / Ecologie marine  
cf. projet de recherche c-dessus

## Objectifs

---

Une étude rétrospective de résultats obtenus dans le cadre des réseaux SOMLIT et PHYTOBS est proposée dans le but de comparer divers sites soumis à des influences océaniques, continentales et/ou anthropiques différentes et se répartissant sur les façades maritimes françaises (Manche-Atlantique et Méditerranée). L'évolution depuis 1998 des données de nutriments et de paramètres environnementaux associés, ainsi que des compartiments phytoplanctoniques (biomasses, diversités taxonomique et fonctionnelle) sera étudiée afin de 1) caractériser les variabilités saisonnières et annuelles ainsi que les tendances pluriannuelles des apports continentaux en nutriments et de leurs rapports stœchiométriques, 2) d'évaluer le rôle des facteurs de contrôle potentiels (forçages) sur ces évolutions et 3) d'évaluer les conséquences sur les biomasses/diversités du phytoplancton et des fonctions écologiques associées dans ces systèmes.

## Méthode

---

Traitement de données

## Précision sur l'encadrement

---

Ce travail sera réalisé sous la direction de • Valérie David qui encadrera le travail sur la diversité fonctionnelle du phytoplancton et son implication sur les fonctions écologiques associées ainsi que les analyses numériques • Nicolas Savoye qui encadrera le travail concernant plus spécifiquement les processus biogéochimiques en lien avec les forçages climatiques et anthropiques. • Yolanda del Amo qui encadrera plus particulièrement les aspects relatifs à l'eutrophisation des écosystèmes en relation avec les besoins en nutriments des différentes communautés de photo-autotrophes (diversité phytoplanctoniques et structure des communautés) En outre, ce travail sera effectué en collaboration avec les chercheurs impliqués dans les réseaux SOMLIT et PHYTOBS au sein de chaque site étudié (9 Universités Marines, CNRS, Ifremer). L'étudiant sera encadré, guidé et suivi très régulièrement par ses 3 co-encadrants en fonction de la compétences sollicitées et sera suivi par un comité de thèse constitué en partie par des membres des réseaux SOMLIT et PHYTOBS.

## Conditions scientifiques matérielles (conditions de sécurité spécifiques) et financières du projet de recherches

---

Le projet ne nécessite pas de frais de fonctionnement particulier puisqu'il consiste en du traitement de données existantes. Il sera néanmoins soutenu par le réseau d'observation SOMLIT et le dépôt d'une ANR pour un travail à échelle plus vaste l'année prochaine

## Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

---

Le candidat valorisera ses travaux sous la forme de publications de rang A et de communications dans des conférences nationales et internationales

## Collaborations envisagées

---

Le candidat travaillera en coordination avec les membres des réseaux nationaux SOMLIT et PHYTOBS

## Références bibliographiques

---

Bibliographie succincte thématique

Goberville E., Beaugrand G., Sautour B., Tréguer P., SOMLIT team, 2010. Climate-driven changes in coastal marine systems of western Europe. *Marine Ecology Progress Series* 408: 129–147, doi: 10.3354/meps08564

Gailhard, I., J.-P. Durbec, B. Beliaeff, and R. Sabatier. 2003. Écologie du phytoplancton sur les côtes françaises : comparaison inter-sites. *Comptes Rendus de Biologies* 326:853-863.

Tréguer P., Goberville E., Barrier N., L'Helguen S., Morin P., Bozec Y., Rimmelin-Maury P., Czamanski M., Grossteffan E., Cariou T., Répécau M., Quéméner L., 2014. Large and local-scale influences on physical and chemical characteristics of coastal waters of Western Europe during winter. *Journal of Marine Systems*, 139, 79–90, doi: 10.1016/j.jmarsys.2014.05.019

Kleyer, M., S. Dray, F. Bello, J. Leps, R. J. Pakeman, B. Strauss, W. Thuiller, and S. Lavorel. 2012. Assessing species and community functional responses to environmental gradients: which multivariate methods? *Journal of Vegetation Science* 23:805-821.

Hernandez-Farinas, T., D. Soudant, L. Barillé, C. Belin, A. Lefebvre, and C. Bacher. 2014. Temporal changes in the phytoplankton community along the French coast of the eastern English Channel and the southern Bight of the North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 71:821-833.

Dray, S., P. Choler, S. Dolédec, P. R. Peres-Neto, W. Thuiller, S. Pavoine, and C. J. F. ter Braak. 2014. Combining the fourth-corner and

the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. *Ecology* 95:14-21.

Breton, E., U. Christaki, S. Bonato, M. Didry, and L. F. Artigas. 2017. Functional trait variation and nitrogen use efficiency in temperate coastal phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series* 563:35-49.

#### Bibliographie thématique des encadrants

David, V., D. Maurer, N. Neaud-Masson, I. Auby, I. Bernard, C. Cassou, N. Savoye, Y. Del Amo, G. Bachelet, G. Lesur-Irichabeau, J. Péreau, and S. Pouvreau. *Accepté*. Delays in reproduction phenology related to climate change for the oyster *Crassostrea gigas*. *Ecology and Evolution*.

David, V. (2017). *Data Treatment in Environmental Sciences*. ISTE edition

Liénart, C., Savoye, N., Bozec, Y., Breton, E., Conan, P., David, V., Feunteun, E., Grangeré, K., Kerhervé, P., Lebreton, B., Lefebvre, S., L'Helguen, S., Mousseau, L., Raimbault, P., Richard, P., Riera, P., Sauriau, P-G., Schaal, G., Aubert, F., Aubin, S., Bichon, S., Boinet, C., Bourasseau, L., Bréret, M., Caparros, J., Cariou, T., Charlier, K., Claquin, P., Cornille, V., Corre, A-M., Costes, L., Crispi, O., Crouvoisier, M., Czamanski, M., Del Amo, Y., Derriennic, H., Dindinaud, F., Durozier, M., Hanquiez, V., Nowaczyk, A., Devesa, J., Ferreira, S., Fournier, M., Garcia, F., Garcia, N., Geslin, S., Grossteffan, E., Gueux, A., Guillaudeau, J., Guillou, G., Joly, O., Lachaussée, N., Lafont, M., Lamoureux, J., Lecuyer, E., Lehodey, J-P., Lemeille, D., Leroux, C., Macé, E., Maria, E., Pineau, P., Petit, F., Pujo-Pay, M., Rimelin-Maury, P., Sultan, E., Dynamics of particulate organic matter composition in coastal systems: a spatio-temporal study at multi-systems scale, *Progress in Oceanography* (2017), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2017.03.001>

Liénart, C., Susperregui, N., Rouaud, V., Cavalheiro, J., David, V., Del Amo, Y., Duran, R., Lauga, B., Monperrus, M., Pigot, T., Bichon, S., Charlier, K., Savoye, N. 2016. Dynamics of particulate organic matter in a coastal system characterized by the occurrence of marine mucilage – A stable isotope study. *J. Sea Res.* 116: 12-22.

Plus, M., Auby, I., Maurer, D., Trut, G., Del Amo, Y., Dumas, F., Thouvenin, B. 2015. Phytoplankton versus macrophyte contribution to primary production and biogeochemical cycles of a coastal mesotidal system. A modelling approach. *Est. Coast. Shelf Sci.*: 52-60.

Sautour B., Bachelet G., Boet P., Caill-Milly N., Castege I., Chaalali A., David V., Del Amo Y., de Casamajor M.N., D'Elbee J., de Montaudouin X., Kantin R., Lepage M., Rochard E. (2013) Chapitre 6.2 : Biodiversité marine, In: Le Treut H. (coord.) : Les impacts du changement climatique en Aquitaine. Un état des lieux scientifique. Presses Universitaires de Bordeaux, LGPA-Editions, Pessac.

David, V., M. Ryckaert, M. Karpytchev, C. Bacher, V. Arnaudeau, N. Vidal, D. Maurer, and N. Niquil. (2012). Spatial and long-term changes in the functional and structural phytoplankton communities along the French Atlantic coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 108:37-51.

Tortajada S., Niquil N., Blanchet H., Grami B., Montanié H., David V., Glé C., Saint-Béa B., Johnson G.A., Marquis E., del Amo Y., Dubois S., Vincent D., Dupuy C., Jude F., Hartmann H., Sautour B. 2012. Network analysis of the planktonic food web during the spring bloom in a semi-enclosed lagoon (Arcachon, SW France). *Acta Oecologica* 40, 40-50.

Tortajada, S., V. David, A. Brahmia, C. Dupuy, T. Laniesse, B. Parinet, F. Pouget, F. Rousseau, B. Simon-Bouhet, and F. X. Robin. (2011). Variability of fresh- and salt-water marshes characteristics on the west coast of France: A spatio-temporal assessment. *Water Research* 45:4152-4168.

Ory P., Hartmann H.J., Jude F., Dupuy C., del Amo Y., Catala P., Mornet F., Huet V., Jan B., Vincent D., Sautour B., Montanié H. 2010. Pelagic food web patterns: do they modulate virus and nanoflagellate effects on picoplankton during the phytoplankton spring bloom? *Environmental Microbiology* 12, 2755-2772.

Glé C., del Amo Y., Sautour B., Laborde P., Chardy P. 2008. Variability of nutrients and phytoplankton primary production in a shallow macrotidal coastal ecosystem (Arcachon Bay, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76, 642-656.

Glé C., del Amo Y., Bec B., Sautour B., Froidefond J.M., Gohin F., Maurer D., Plus M., Laborde P., Chardy P. 2007. Typology of environmental conditions at the onset of winter phytoplankton blooms in a shallow macrotidal coastal ecosystem, Arcachon Bay (France). *Journal of Plankton Research* 29, 999-1014.

Ragueneau O., Savoye N., del Amo Y., Cotten J., Tardiveau B., Leynaert A. 2005. A new method for the measurement of biogenic silica in suspended matter of coastal waters: using Si:Al ratios to correct for the mineral interference. *Continental Shelf Research* 25, 697-710.

Wishmeyer A.G., del Amo Y., Brzezinski M.A., Wolf-Gladrow D.A. 2003. Theoretical Constraints on the Uptake of Silicic Acid Species by Marine Diatoms. *Marine Chemistry*, 82: 13-29

Shimizu K., del Amo Y., Brzezinski M.A., Stucky G.D., Morse D.E. 2001. A Novel Fluorescent Silica Tracer for Biological Silicification studies. *Chemistry and Biology* 8: 1051-1060

Del Amo Y., Brzezinski M.A. 1999. The chemical form of dissolved Si taken up by marine diatoms. *Journal of Phycology*, 35: 1162-1170

Del Amo Y., Quéguiner B., Tréguer P., Breton H., Lampert L. 1997. Impacts of high-nitrate freshwater inputs on macrotidal ecosystems. II. Specific role of the silicic acid pump in the year-round dominance of diatoms in the Bay of Brest (France). *Marine Ecology Progress Series*, 161: 225-237

Del Amo Y., Le Pape O., Tréguer P., Quéguiner B., Ménesguen A., Aminot A. 1997. Impacts of high-nitrate freshwater inputs on macrotidal ecosystems. I. Seasonal evolution of nutrient limitation for the diatom-dominated phytoplankton of the Bay of Brest (France). *Marine Ecology Progress Series*, 161: 213-224

Leynaert A., Tréguer P., Nelson D.M. and Del Amo Y. 1996. Chapter:  $^{32}\text{Si}$  as a tracer of biogenic silica production: methodological improvements. In book: *Integrated Marine System Analysis*, Publisher: VUB (Vrije Universiteit Brussel), Editors: J. Baeyens, F. Dehairs, L. Goeyens, pp.29-35

Le Pape O., del Amo Y., Ménesguen A., Aminot A., Quéguiner B., Tréguer P. 1996. Resistance of a coastal ecosystem to increasing eutrophic conditions: the Bay of Brest (France), a semi-enclosed zone of Western Europe. *Continental Shelf Research*, 16: 1885-1907

Ragueneau O., de Blas Varela E., Tréguer P., Quéguiner B., del Amo Y. 1994. Phytoplankton dynamics in relation to the biogeochemical cycle of silicon in a coastal ecosystem of Western Europe. *Marine Ecology Progress Series*, 106: 157-172

## Complément sur le sujet

<http://somlit.epoc.u-bordeaux1.fr/fr/> (<http://somlit.epoc.u-bordeaux1.fr/fr/>)

