



TOURNÉES SCIENTIFIQUES BOREA 2022

LIVRET DES RÉSUMÉS

en ligne sur www.borea.mnhn.fr

- ≈ Présentations des ingénieur.e.s,
post-doctorant.e.s et doctorant.e.s *pages 8 – 17*
- ≈ Highlights des équipes (HL) *pages 18 – 28*
- ≈ Atelier Axe Changements globaux *pages 29 – 31*
- ≈ Présentations des enseignants chercheur.e.s
et chercheur.e.s *pages 32 – 39*
- ≈ Posters exposés *pages 40 – 44*

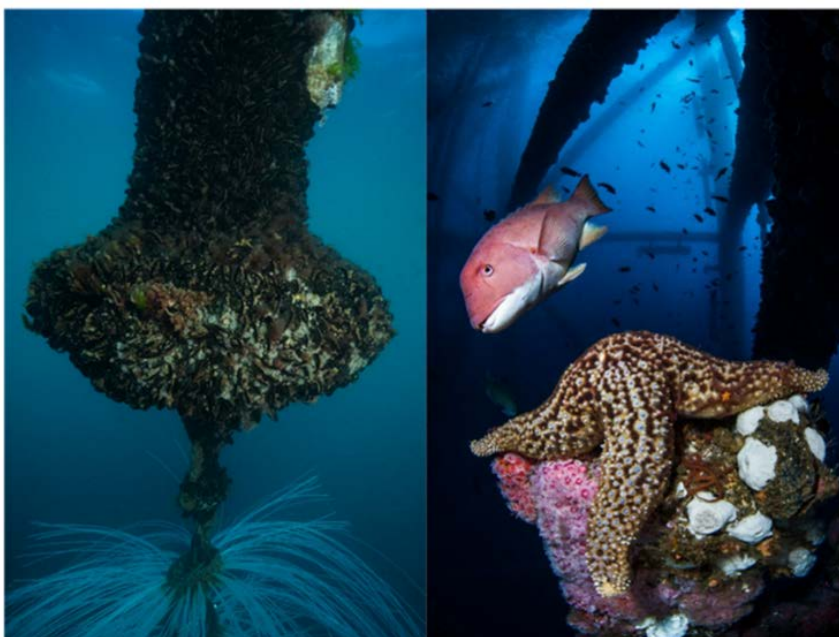
Vers une meilleure prise en compte des attaches homme nature dans la modélisation d'un écosystème en plein changement

Quentin NOGUES | quentin.nogues@unicaen.fr

Post-doctorant, ingénieur de recherche, Équipe ECOFUNC, Université de Caen Normandie, Caen

Les écosystèmes côtiers et marins fournissent un grand nombre de services écosystémiques (SE). Néanmoins, afin de profiter de ces derniers, les humains perturbent les écosystèmes, modifiant leur fonctionnement et altérant ainsi leur capacité à fournir ces services. Pour mieux prédire et anticiper ces changements, il est nécessaire de quantifier les relations homme-nature, et de prédire leurs potentielles évolutions. Pour ce faire, nous avons utilisé une approche écosystémique couplée avec des indices personnalisés dans le but de quantifier la fourniture de divers services écosystémiques dans la baie de Seine (Manche est). Nous avons ensuite étudié l'effet du changement climatique ainsi que du futur parc éolien de Courseulles-sur-Mer sur trois SE : (1) la fourniture en nourriture par la pêche, (2) la résilience de l'écosystème face à des perturbations, et enfin (3) la dynamique des espèces d'intérêt patrimonial (phoques, cétacés et oiseaux marins). Les résultats nous indiquent que le changement climatique aura un impact important sur la fourniture en nourriture, ce qui pourrait avoir des répercussions importantes pour le tissu socio-culturel normand. L'effet récif et réserve du parc éolien, quant à eux, semblent avoir un effet bénéfique sur l'approvisionnement en SE, et cela couplé ou non avec le changement climatique. Suite à cette étude, nous nous sommes intéressés aux apports culturels de l'écosystème de la baie dans le cadre du projet SENSITROPH. Nous avons couplé nos approches avec des études sociologiques sur la perception de l'écosystème. Grâce à cela, nous avons pu définir des scénarios prenant en compte les inquiétudes de la population face aux changements globaux, que nous avons ensuite analysé à travers les attaches homme-nature déterminées dans l'étude. Ainsi, nous proposons une approche plus intégrée avec les sciences sociales, afin de mieux prendre en compte la composante humaine dans nos modèles.

composante humaine dans nos modèles.



Crédits : à gauche Thomas Pavy, à droite Brook / Adobe Stock

Légende : exemples d'effet récif sur des structures marines. Différentes espèces viennent se fixer sur les structures ou profiter des ressources alimentaires qui s'y sont fixées.

Artificial reef experiment in the English Channel: “primary producer reef” versus “primary consumer reef”

Baptiste VIVIER | baptiste.vivier@unicaen.fr

Post-doctorant, Équipe RECAP, Université de Caen Normandie, Caen

Many studies regarding artificial reefs focused on benthic fauna communities or/and fisheries management and ecology while a very small proportion pointed out the associated primary production, which is nevertheless one of the major functions of coastal ecosystems. The objective of the present work was to investigate the benthic communities' compartment and the annual primary production on two identical artificial reefs (AR) immersed for five years in two contrasted area on the French coast of English Channel, the bay of Cherbourg and the bay of Seine. The bay of Cherbourg is one of the biggest artificial bays in the world which confers protection to AR while the bay of Seine is exposed to higher hydrodynamic constraints and receives more nutrients inputs. Samplings were performed during a year at different seasons and showed a higher diversity and abundance of macroalgae in the bay of Cherbourg while a more diverse benthic fauna community was observed in the bay of Seine with different dominant trophic groups. Two very different trophic food webs took place on these identical AR. The net primary production was three time higher on AR from the bay of Cherbourg with 1.63 kg C m⁻² y⁻¹, while filter feeders dominated in bay of Seine. In the same sea, at the same depth, but with different local environmental pressures, identical AR showed very different functioning that we classified as a “primary producer reef” rich in macroalgae in the bay of Cherbourg and a “primary consumer reef” where primary production is based on phytoplankton resources in the bay of Seine. Our results underline that predicting the environmental impact of an AR structure is complex and the transposition of studies carried out on nearby sites is not sufficient. It is necessary to consider all the environmental constraints.



Photo Maxime Navon, CREC.

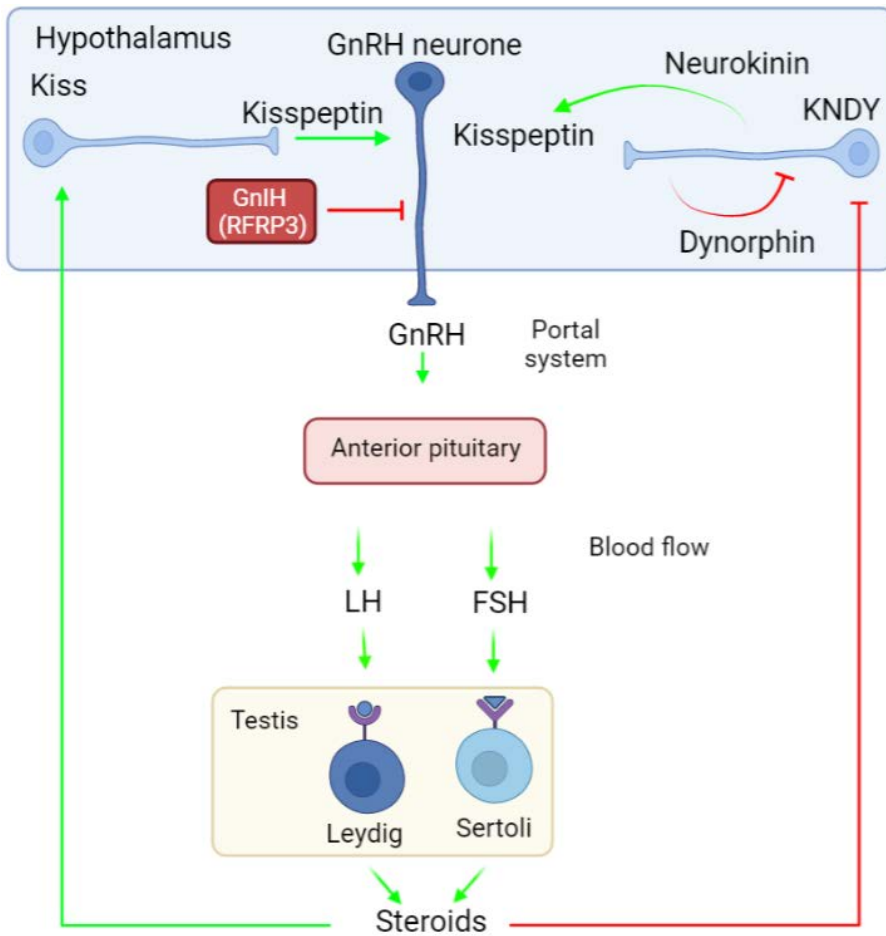
Expression analysis of glycoproteic hormone receptors and thyrostimulin during spermatogenesis in the catshark, *Scyliorhinus canicula*

Fabian JEANNE | fabian.jeanne@unicaen.fr

Doctorant 1^{ère} année, Équipe EVOREG, Université de Caen Normandie, Caen

Glycoprotein hormones (GpH), made of a common α subunit (GPA) and of a specific β subunit (GPB), mediate hypothalamic-pituitary-peripheral gland endocrine signaling through interactions with their specific receptors (GpHR). Five different functional GpH have been identified in Gnathostoma including follicle-stimulating hormone (FSH), luteinizing hormone (LH), chorionic hormone (CG), thyroid-stimulating hormone (TSH) and thyrostimulin (A2B5). Classically, LH and FSH regulate cells proliferation and steroidogenesis during spermatogenesis. More recently, a potential paracrine function of A2B5 in gonads has emerged. Our aim is to explore the evolution of the endocrine *versus* paracrine regulation of spermatogenesis by taking into account Chondrichthyans. Their divergence from bony Vertebrates has been estimated at 421-462 million years ago and they are the first Gnathostomata with differentiated GpH and GpHR since in Cyclostomata only one GpH has been functionally characterized. Thanks to access to the *S. canicula* genome databank, sequences of hormones and receptors have been retrieved and structural and phylogenetic analyses completed. Both mRNA and protein expressions have been explored by RT-PCR and heterologous immunohistochemistry, respectively. Results shown that GpHR and A2B5 structures involved in subunits dimerisation, receptor/ligand interactions and signal transduction are preserved between catshark, elephant shark and human for FSHR and LHR but more similar between catshark and human than for elephant shark for TSHR. FSHR and LHR were immunolocalized in somatic-precursors and Sertoli cells, respectively. *fshr* and *lhr* expression decreased during spermatogenesis with an increase of *lhr* in the late spermatids zone. *Tshr* and *gpb5* expressions strongly increased during spermatogenesis with a sertolian TSHR localisation. These results are in agreement with a major implication FSH at early stages of spermatogenesis and LH in spermiogenesis and spermiation as observed in Teleosts. Our study illustrated, for the first time in a Chondrichthyan, GpHR expressions during spermatogenesis and highlight the thyrostimulin as a potential paracrine regulator of the testis.

Illustration page suivante



Schematic representation of GnRH system whose main neuromodulators are the kisspeptin, neurokinin, dynorphin and GnIH peptides and of pituitary-gonad with the gonadotropin hormones LH and FSH. This endocrine regulatory pathway modulates the spermatogenesis in tetrapods.

Standardisation des indices d'abondance des Céphalopodes en Manche et influence de l'environnement

Anna MARCOUT | anna.marcout@etu.unicaen.fr

Doctorante 1^{ère} année, Équipe ECOFUNC, Université de Caen Normandie, Caen

Les céphalopodes (calmars côtiers *Loligo forbesii* et *Loligo vulgaris* et la seiche *Sepia officinalis*) représentent d'importantes ressources halieutiques en Manche. Du fait des caractéristiques biologiques de ces espèces (durée de vie courte, croissance très rapide, sémelparité) les méthodes classiques d'évaluation des stocks sont peu adaptées.

Nos travaux utilisent des données de pêche commerciales (participation de l'Ifremer et du Comité Régional des Pêches) pour mettre au point des indices d'abondance pertinents afin de décrire les variations spatio-temporelles des ressources de céphalopodes. Nous avons utilisé le modèle spatio-temporel VAST (package R de James Thorson) pour standardiser nos indices d'abondance par mois et spatialement à l'échelle des rectangles statistiques CIEM de la Manche des années 2000 à aujourd'hui. Pour une analyse plus fine des variations spatiales l'accès aux données VMS des chalutiers a été demandé.

L'analyse exploratoire de ces indices d'abondance est réalisée pour mieux comprendre quels secteurs à l'intérieur de la Manche présentent des variations d'abondance similaires.

De nombreuses études ont souligné l'effet de l'environnement sur la variabilité de recrutement et sur les paramètres biologiques des céphalopodes, comme le taux de croissance ou la mortalité. La seconde partie de notre projet vise à prendre en compte l'influence de l'environnement pour prédire l'abondance et la répartition spatiale de ces ressources. Nos analyses utiliseront les plateformes de données hydro-climatiques en accès libre comme celle du Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). Au sein de cet ensemble, ce sont les réanalyses issues de modèles qui sont extraites pour une série de variables disponibles avec une résolution spatio-temporelle fine.

Illustration page suivante

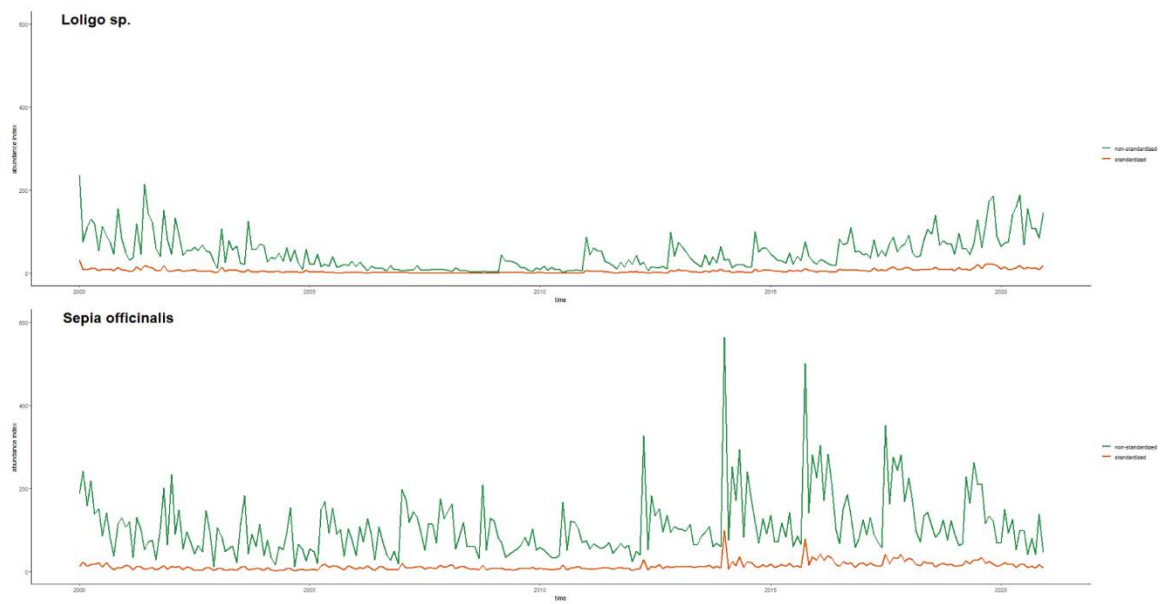


Figure 1. Standardized and non-standardized abundance index in squid (*Loligo vulgaris* and *Loligo forbesii*) and cuttlefish (*Sepia officinalis*) species in all ICES statistical rectangles of the English Chanel. Standardization was done with a spatial delta-generalized linear mixed model (VAST) on R software.

Considérer les interactions biotiques dans les modèles de niche écologique : exemple de la morue *Gadus morua* en Mer Celtique

Joséphine BROUSSIN | josephine.broussin@mnhn.fr
Doctorante 1^{ère} année, Équipe SOMAQUA, MNHN, Paris

En modifiant l'environnement, mais également l'organisation des communautés et donc les relations trophiques, les changements climatiques influencent la biogéographie des espèces. La modélisation de niche écologique (« Species Distribution Modelling » ; SDM) permet de prédire la distribution d'une espèce en calculant un lien statistique entre les occurrences et des prédicteurs environnementaux. Cependant les relations trophiques ne sont que très rarement considérées, ce qui constitue l'un des principaux verrous méthodologiques de ces approches. L'intégration de cette composante passe actuellement par l'utilisation du patron de distribution d'une ou plusieurs espèces d'intérêt (proie préférentielle, équivalent trophique) comme prédicteur, de la même façon que pour les dimensions écologiques abiotiques. Cette méthode, qui montre de meilleurs résultats que lorsque seul les dimensions abiotiques sont considérées (Pelissier *et al.*, 2013, Morelli & Tryjanowski, 2015), soulève néanmoins plusieurs limitations (sur-colinéarité, absence de considération de la dynamique temporelle des liens trophiques). Une telle approche est ainsi difficilement applicable dans le cas d'une espèce sans proie préférentielle, comme la morue *Gadus morhua*. La morue, cible emblématique des pêcheries, est une espèce en fort déclin depuis plusieurs décennies, et ce malgré la mise en place de moratoires. Une hypothèse est que les processus sont plus complexes qu'un effet de la pêche uniquement, et que ce déclin résulte d'une combinaison des conséquences directes et indirectes (par effet bottom-up ; e.g. Beaugrand *et al.*, 2003). Dans le cadre du projet CLIMARES, dans lequel s'inscrit ma thèse, je m'intéresse à améliorer les procédures de modélisation afin de développer des approches permettant de mieux intégrer les effets des interactions biotiques. Un des objectifs de mon travail est de modéliser, par SDM, la dynamique temporelle observée d'espèces marines commercialement exploitées, comme la morue, et de développer une approche basée sur les filtres trophiques tout en modulant la force des liens trophiques considérés (Hervnann *et al.*, 2020).



Caractérisation de la dynamique spatio-temporelle des communautés zooplanctoniques en Atlantique Nord : approche par réseaux biogéographiques

Marion VILAIN | marion.vilain@mnhn.fr

Doctorante 1^{ère} année, Équipe SOMAQUA, MNHN, Paris

En biogéographie, les approches classiquement utilisées pour identifier l'unicité d'entités géographiques sont des caractérisations statiques, souvent fondées sur des critères physiques plutôt que biologiques. A cette limitation s'ajoutent des choix méthodologiques arbitraires tels que la sélection de la méthode de regroupement, la transformation des données ou encore le choix d'un niveau de coupure en classification. Les conclusions obtenues peuvent alors résulter de ces seuls choix d'analyse. Dans un contexte d'intensification des changements environnementaux et climatiques – et d'une réorganisation attendue des communautés planctoniques - il apparaît nécessaire de mieux comprendre les règles d'assemblage qui structurent et modulent la dynamique spatio-temporelle des communautés. Par l'utilisation d'une approche fondée sur les réseaux - permettant de limiter les critères subjectifs inhérents aux méthodes classiques - et d'un algorithme de regroupement hiérarchique (*Map Equation*), notre étude vise à identifier la dynamique spatio-temporelle des communautés zooplanctoniques en réponse aux changements environnementaux et climatiques au cours de la période 1966-2013. Sur la base des données du *Continuous Plankton Recorder* (CPR), nous avons identifié la dynamique spatio-temporelle des communautés zooplanctoniques à l'échelle de l'Atlantique Nord-Est/Mer du Nord. Nos résultats mettent en évidence l'existence de différentes biorégions : en Mer du Nord - avec une présence majoritaire de copépodes à affinité boréale, *Temora longicornis* et *Centropages hamatus* - et en Atlantique Nord, avec une communauté cosmopolite structurée essentiellement par le copépode eurytherme *Centropages typicus*. Ces deux biorégions se maintiennent jusqu'à la fin des années 80, puis se regroupent en une seule entité, résultat en phase avec les changements biogéographiques identifiés dans la littérature. Une autre biorégion apparaît au début des années 2000, au sud du golfe de Gascogne - avec un rôle majeur de *Temora stylifera*, copépode à affinité tempérée/chaude - résultat qui suggère une tropicalisation des eaux de surface dans cette région.

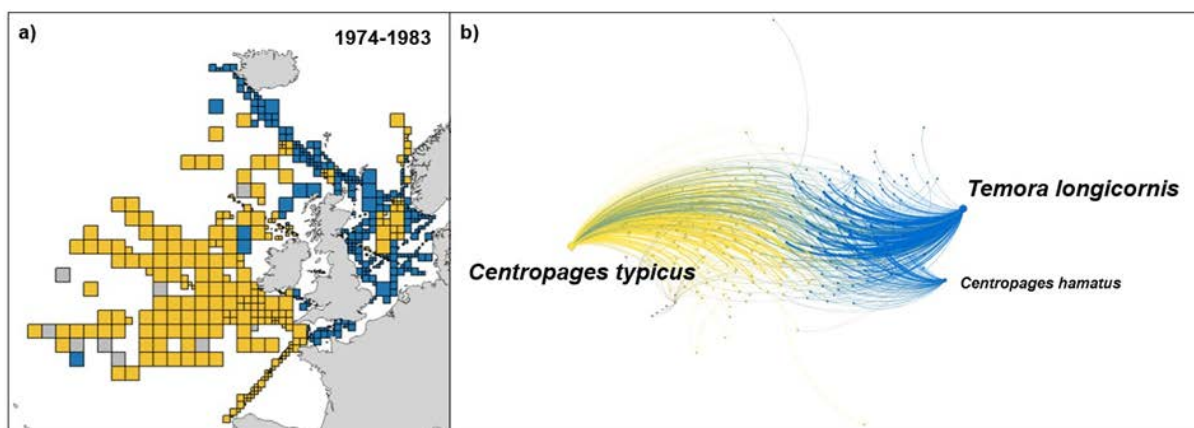


Figure 1 : Biorégionalisation des communautés zooplanctoniques échantillonnées par le CPR au cours de la période 1974-1983 : **a)** cartographie des biorégions identifiées par l'approche des réseaux biogéographiques ; **b)** représentation du réseau biogéographique associé à la cartographie. Les espèces 15 structurant majoritairement les biorégions sont indiquées (*Temora longicornis* et *Centropages hamatus* pour la biorégion en bleu ; *Centropages typicus* pour la biorégion en jaune). © Marion Vilain

Recherche sur la biologie et l'écologie du bouquet *Palaemon serratus* (Projet FEAMP GEDUBOUQ)

Claire GUEGAN | claire.guegan@unicaen.fr

Ingénieure de recherche contractuelle, Équipe RECAP, Université de Caen Normandie, Caen

Le manque de données sur la biologie et l'écologie du bouquet (*Palaemon serratus* ou crevette rose) en Normandie ne permet pas d'établir un diagnostic des stocks et de l'état de santé des populations. De plus, une baisse des captures est également ressentie depuis plusieurs années sur le littoral normand. Le projet FEAMP GEDUBOUQ (Analyse préalable à une GEstion DURable des pêcheries de BOUquet en Normandie) étudie *Palaemon serratus* sur le littoral normand au travers de trois axes : (i) biologie et écologie du bouquet, (ii) effets cumulés des activités anthropiques et (iii) étude socio-économique. Pour ce premier objectif, deux populations de *P. serratus*, échantillonnées à Blainville-sur-Mer (50) et à Grandcamp-Maisy (14), ont été suivies mensuellement pendant 1 an. L'état de santé des individus a été évalué grâce à des biomarqueurs, tels que la reproduction des femelles, la prévalence des parasites, les paramètres immunitaires et des analyses biochimiques. Les premiers résultats du suivi ont montré une saisonnalité des différents paramètres mesurés et des différences inter-sites, comme par exemple, le niveau de parasitisme. Une deuxième année de suivi va permettre de compléter ces données. Par ailleurs, pour évaluer les effets cumulés du changement global sur le bouquet, des femelles ont été exposées pendant 21 jours à différentes concentrations en cuivre (0 à 1000µg/L) et trois températures (16°C, 20°C et 24°C). Un suivi quotidien des mortalités, des mues et du comportement des individus a été effectué. Après exposition, l'activité phagocytaire, les teneurs en protéines, glycogène et en malondialdéhyde (MDA) dans les tissus ont également été mesurées. Il apparaît que l'augmentation des concentrations en cuivre et de la température ont des effets sur le comportement des crevettes, sur la phagocytose, ainsi que sur les teneurs en glycogène et en MDA. Enfin, cette expérimentation sera réitérée avec des individus mâles.



Le bouquet *Palaemon serratus* (<https://borea.mnhn.fr/fr/programme-recherche/gedubouq>)

Comment lire les biominéralisations ? Apport de la microchimie analytique à haute résolution

Sophie BERLAND | sophie.berland@mnhn.fr

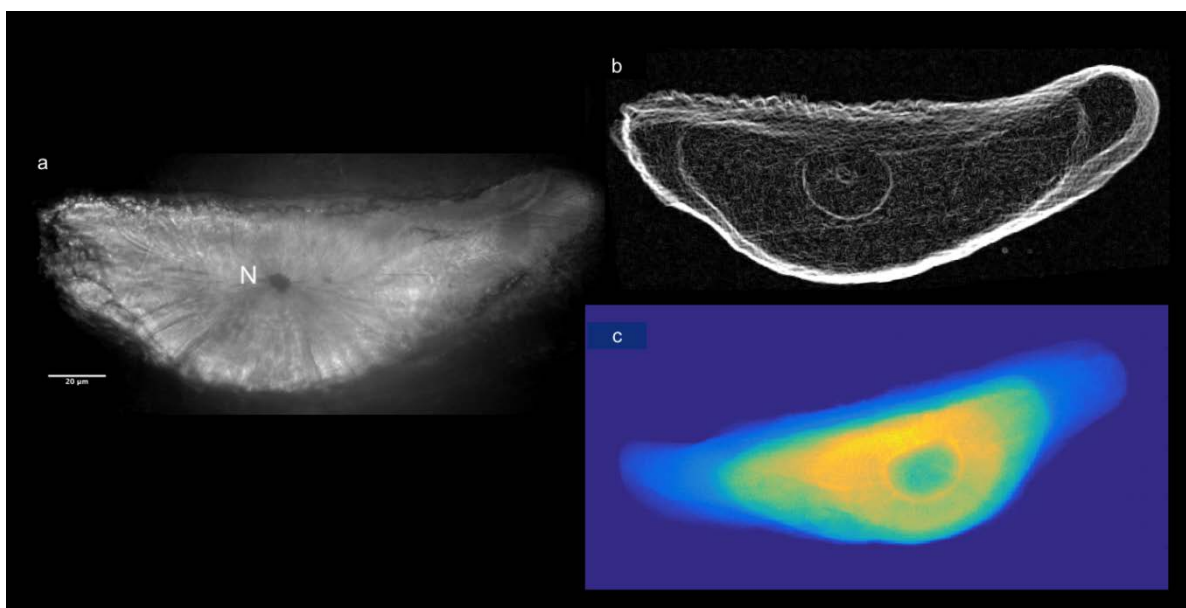
Ingénieure de recherche MNHN, Équipe BIOPAC, MNHN, Paris

Les signatures sont multiples dans les structures biominéralisées. Elles mettent en lumière des traits de vie, des processus d'adaptation, de plasticité à l'échelle de l'organisme ; des empreintes de l'Evolution biologique à l'échelle de population ou d'espèce.

Comment et pour quel questionnement mécanistique peut-on mettre en œuvre les méthodes de spectroscopie analytique à haut débit ou à haute résolution accessibles aujourd'hui ? C'est l'objet de cette présentation, illustrée par un panel de programmes d'études et orientée projets sur différents systèmes biominéralisés.

En particulier, les perspectives offertes par l'outil synchrotron appliqué à l'étude de l'otolithe dans le cadre des thématiques de l'équipe BIOPAC seront développées. La question est de déterminer le statut de diadromie comme mode de vie pour des populations de Syngnathes dont l'otolithe est réfractaire à l'observation de démarcation significatives par les méthodes classiques. La puissance de résolution des rayons X synchrotron s'applique ici non seulement à l'imagerie mais également à la microchimie analytique.

L'outil synchrotron permet la caractérisation fine de l'hétérogénéité spatiale par cartographie de l'émission de fluorescence aux Rayons X. La compilation des données de cartographie spatiale révèle les transitions environnementales individuelles au cours du cycle de vie et démasquent, par la haute résolution de la méthode, les stries de croissance, levant ainsi autant de freins majeurs aux développements de l'otolithométrie.



Démasquage de l'hétérogénéité spatiale de l'otolithe par imagerie XRF synchrotron. a) Microscopie en lumière polarisée de la section transversale de l'otolithe passant par le nucleus (N), muette de marque témoin de spatialisation. b) Image de l'agrégation des signaux XRF fusionnés, démasquant une zonation dans l'otolithe. c) Cartographie de la densité de signal du strontium (en jaune) traduisant une transition environnementale au cours du cycle de vie. © S. Berland

État d'avancement du projet ANR ARDECO

Équipe AMEX

Bruce SHILLITO | bruce.shillito@sorbonne-universite.fr

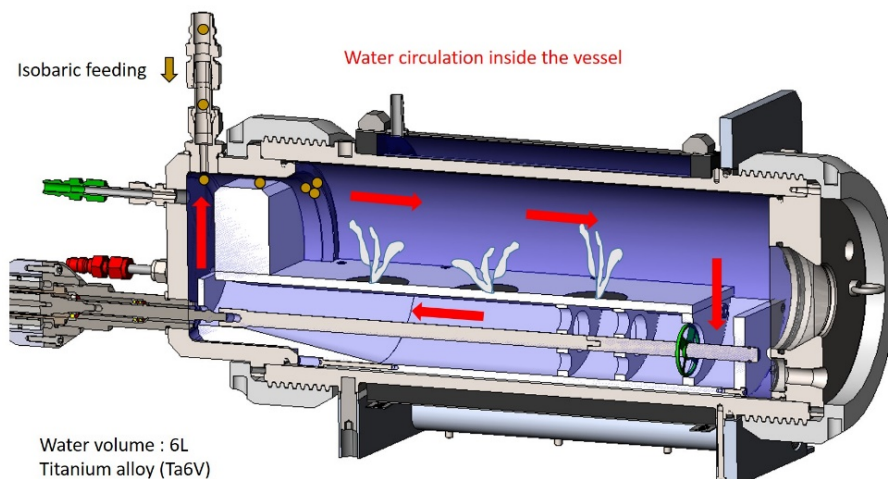
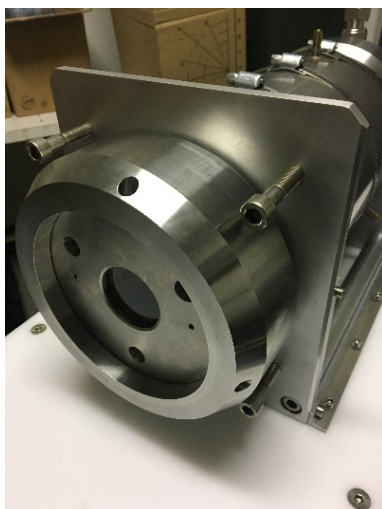
Maître de conférences SU, Équipe AMEX, Sorbonne Université, Paris

L'équipe AMEX a démarré en 2021 un projet ANR nommé ARDECO, « Assessing Resilience of DEep COrals », en collaboration avec Ifremer Brest (Unité Etudes des Ecosystemes Profonds), la Station biologique de Banyuls (Laboratoire d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques, UMR 8222), et l'aquarium public d'Océanopolis (Brest). Ce projet doit durer 4 ans, et la dotation ANR de l'équipe AMEX est de 300 k€.

A l'instar des récifs de coraux tropicaux, les récifs de coraux profonds forment des habitats complexes qui favorisent la biodiversité et la biomasse, fournissant ainsi d'importants services écosystémiques. Bien qu'ils se développent à plusieurs centaines de mètres sous la surface, ces coraux sont l'objet de menaces d'origine anthropique (chalutages, pollutions, réchauffement, acidification des océans). L'objectif du projet ARDECO est d'évaluer les capacités d'acclimatation des trois principales espèces de scléactiniaires constructeurs de récifs profonds (*Desmophylum pertusum*, *Madrepora oculata* et *Solenosmilia variabilis*) face à des perturbations environnementales simulées en laboratoire. Les coraux seront soumis expérimentalement à des variations de température et/ou de pH pendant plusieurs mois, afin de tester leurs réponses à des scénarios de changements globaux à l'horizon 2100. La grande originalité de ces expériences sera de les réaliser en simulant la pression régnant dans l'habitat naturel de ces espèces, grâce à des aquariums développés spécifiquement par l'équipe AMEX. La réponse des coraux sera évaluée en étudiant leur nutrition, leur croissance, leur reproduction, leur comportement ainsi que la nature et la fonction des interactions entre les polypes de coraux et leur microbiome.

Au printemps 2022, la réalisation des aquariums est achevée, et nous sommes en phase de montage et de mise en œuvre à Océanopolis. A l'été 2022, la campagne CheReef 2 permettra de récolter les échantillons de coraux, dans le canyon de Lampaul (talus continental au Sud-Ouest de Brest), afin de démarrer les expériences d'acclimatation.

Illustration page suivante



Légende

A gauche : Vue sur les hublots d'un des 4 aquariums pressurisés du projet ARDECO. Chaque aquarium est équipé d'un hublot principal de visualisation, de 5 cm de diamètre, et de 3 hublots secondaires (de 1 cm de diamètre, disposés à 120°) destinés à l'éclairage lors observations.

A droite : Schéma de principe d'un aquarium. Les flèches rouges représentent le sens de circulation de l'eau de mer à l'intérieur de l'enceinte, permettant entre autres le nourrissage des coraux via un sas isobare (noté « isobaric feeding »).

(crédits des illustrations : L. Amand et B. Shillito)

Les coûts économiques des invasions biologiques

Équipe BIOPAC

Boris LEROY | boris.leroy@mnhn.fr

Maître de conférences MNHN, Équipe BIOPAC, MNHN, Paris

Il est bien établi que les invasions biologiques sont l'un des cinq grands facteurs de changement global, avec des impacts écologiques bien connus grâce à des décennies de recherche sur le sujet. Néanmoins, les invasions biologiques restent mal connues du grand public et des décideurs politiques. Pour améliorer leur prise en compte et faciliter le développement de politiques publiques visant à lutter contre les invasions biologiques, nous avons décidé d'étudier une dimension de leur impact qui parle facilement au grand public et aux décideurs politiques : la dimension économique. Pour cela, nous avons fait la synthèse exhaustive de la littérature scientifique sur les impacts économiques des invasions biologiques, en réunissant tous les coûts économiques publiés dans la littérature scientifique dans une base de données. Nous avons publié cette base de données en accès libre et développé des outils open source d'extraction et d'analyse, ce qui a permis, en l'espace de deux ans, des progrès scientifiques rapides sur le sujet. Durant cette présentation, je présenterai la genèse du projet ainsi que les principaux résultats obtenus à l'échelle mondiale et en France sur les coûts économiques des invasions biologiques.



En collaboration avec



Fiche de synthèse réalisée en collaboration avec l'IUCN sur les coûts économiques des espèces exotiques envahissantes. https://especies-envahissantes-outremer.fr/wp-content/uploads/2021/10/fiche_synthese_couts_economiques_eee.pdf

Comment évoluent les réseaux trophiques planctoniques et les traits de vie du phytoplancton ?

Équipe ECOFUNC

Nathalie NIQUIL | nathalie.niquil@unicaen.fr

Directrice de recherche CNRS, Équipe ECOFUNC, Université de Caen Normandie, Caen

La présentation fera la synthèse des travaux menés par l'équipe Ecofunc sur le plancton, en collaboration avec Eric Goberville et Valérie David (EPOC). Ces travaux se placent à la fois sur la question de l'évolution des blooms d'algues toxique (projet Phenomen) et sur l'utilisation des indices ENA (Ecological Network Analysis) des réseaux planctoniques et des traits de vie du phytoplancton pour décrire l'état de santé des écosystèmes (projet Physali, M2 de Paula Gauvin). L'objectif de ces travaux qui sont encore en cours est 1) de caractériser l'évolution des algues toxiques dans les séries chronologiques du phytoplancton, 2) de tester l'utilisation de différents traits fonctionnels du phytoplancton et de différents indices ENA pour décrire l'évolution des écosystèmes littoraux et 3) de caractériser l'évolution à long-terme des types de réseaux trophique en lien avec différents types de forçages environnementaux (hydrologiques, continentaux, climatiques locaux, régionaux et large échelles) afin de déterminer des indicateurs de santé. Les habitats d'intérêt sont les écosystèmes interconnectés « marais / vasières intertidales / baies littorales semi-fermées / plateau continental », à partir de cas des côtes françaises et tunisiennes.



Diatomée toxique Pseudo-nitzschia australis.

© A. Sauvey

La découverte d'une voie m6A-ARN chez l'huître : implications en épigénomique environnementale

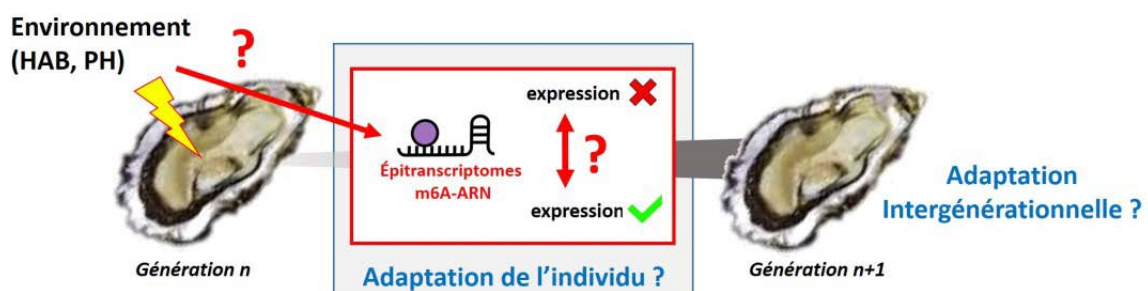
Équipe **EMERGE**

Guillaume RIVIERE | guillaume.riviere@unicaen.fr

Maître de conférences UCN, Équipe EMERGE, Université de Caen Normandie, Caen

La méthylation des adénosines (N6-méthyladénosine, m6A) est la modification prévalente des ARNm chez les eucaryotes. A l'image de la méthylation de l'ADN qui est un élément clé des mécanismes épigénétiques, cette modification chimique a récemment été envisagée comme constituant un niveau supplémentaire de régulation de l'expression des gènes au niveau post-transcriptionnel, appelé « épitranscriptomique ». La régulation épitranscriptomique a été démontrée comme un élément crucial de la réponse à des stress environnementaux chez les Mammifères et dans des modèles insectes. Nous avons découvert qu'une voie m6A-ARN était conservée, et avons caractérisé ses différents acteurs moléculaires (effecteurs et médiateurs) chez un modèle lophotrochozoaire, l'huître *C. gigas*. Par ailleurs, le profilage à haut débit des épitranscriptomes précoces et de leur dynamique a démontré la participation d'une composante épitranscriptomique lors du développement précoce de l'huître. Ainsi, nos résultats suggèrent l'implication de la voie m6A à des étapes critiques du développement précoce comme l'activation du génome zygotique, la différenciation des tissus, ou encore la métamorphose, notamment via l'association du niveau et du profil de méthylation des ARNs avec le niveau d'expression des gènes. Par ailleurs, nous avons également montré que des stress environnementaux maternels subis pendant la gamétogenèse imprimaient des signatures épitranscriptomiques spécifiques dans les ovocytes à l'origine de la génération suivante. Or, ces stress induisent des altérations du développement embryolaire dont l'origine reste inconnue.

Ainsi, l'ensemble de ces résultats pionniers obtenus dans le cadre de la thèse de Lorane le Franc et financés par les programmes EC2CO HERITAGE et RIN ECUME, posent la question d'une héritabilité épitranscriptomique comme vecteur de traits de vie environnementaux et permettent d'échafauder des hypothèses sur des liens entre mécanismes épigénétiques, structure de la chromatine, expression des gènes, et adaptation à l'environnement, qui sont et seront explorées dans le cadre du programme SCHEMAh et de la thèse RIVAgE.



Projets SUD développés en Côte d'Ivoire par PhyPAQ Domestication de l'espèce *Heterotis niloticus* : comportement reproducteur, endocrinologie, nutrition

Équipe PHYPAQ

Jésus NUÑEZ RODRIGUEZ | jesus.nunez@ird.fr

Chercheur IRD, Équipe PHYPAQ, IRD, La Paz, Bolivie

Joël HENRY | joel.henry@unicaen.fr

Professeur UCN, Équipe PHYPAQ, Université de Caen Normandie, Caen

L'implication de l'équipe PhyPAQ dans des projets SUD s'est concrétisée par une collaboration franco-ivoirienne qui a débuté par le financement d'une thèse sur *Heterotis niloticus* dans le cadre du programme de désendettement C2D avec le soutien du LMI EDIA* financé par l'IRD (2016-2020). Plusieurs approches ont été menées en parallèle : génétique des populations, reproduction, comportement reproducteur des géniteurs, sexage et contrôle hormonal de la vitellogenèse. Ces travaux ont permis de mesurer la diversité génétique des populations présentes sur le territoire ivoirien et dans la sous-région, de mettre au point une technique de sexage immunoenzymatique, d'identifier les différentes vitellogénines ainsi que la structure des neurohormones hypophysaires et de leurs récepteurs.

Après la soutenance de thèse, une collaboration s'est établie entre l'équipe PhyPAQ et Daniel Koua le doctorant devenu maître-assistant à l'Ecole Supérieure d'Agronomie rattachée à l'INP-HB*. Une mission réalisée par Joël Henry en septembre 2021 (AAP SUD Comprep2) a permis de mettre en place une structure de conditionnement alimentaire composée de 4 x 3 bassins dans un local climatisé. Quant à la MLD* (sept.-déc. 2021) de Jésus Nunez, elle avait pour objectif de trouver un site piscicole dans la région de Yamoussoukro permettant d'accueillir une expérimentation en étang afin de modéliser les déplacements des géniteurs et d'identifier les conditions qui conduisent à la formation de couples de reproducteurs. Cette expérimentation est en cours dans 2 étangs distincts contenant chacun 10 géniteurs équipés d'un émetteur.

En 2022, l'équipe PhyPAQ bénéficie d'une MLD et de 2 AAP SUD – Comprep 2 et DomesNut – afin de poursuivre de poursuivre les travaux comportementaux et d'étudier le comportement alimentaire, dans le cadre d'une collaboration avec l'UMR NuMeA (INRAE, St Pee sur Nivelles). De nouveaux prélèvements tissulaires ont été réalisés pour une approche transcriptomique de l'épiderme et pour l'étude du peptidome et du protéome du mucus, une sécrétion très impliquée dans la protection contre les pathogènes et dont la composition varie également en fonction du type d'alimentation.

*LMI-EDIA : Laboratoire Mixte International Evolution et Domestication de l'Ichtyofaune Amazonienne.

<https://borea.mnhn.fr/fr/lmi-edialaboratoire-mixte-international-evolution-domestication-l%E2%80%99ichtyofaune-amazonienne>

*INP-HB : Institut National polytechnique Félix Houphouët Boigny

*MLD IRD : Mission Longue Durée (2 mois minimum)

*NuMeA : Nutrition Métabolisme Aquaculture

Appels à projet SUD BOREA sur dotation IRD :

sexmol (2019) / domestos (2020) / comprep1 (2021) / comprep 2 (2022) / domesnut (2022)

Références bibliographiques :

N'Zi Daniel Koua, Jésus Núñez-Rodríguez, Julie Orjuela, Céline Zatylny-Gaudin, Marie-Pierre Dubos, Benoît Bernay, Julien Pontin, Erwan Corre, Joël Henry. Identification and structural characterization of the factors involved in vitellogenesis and its regulation in the African Osteoglossiforme of aquacultural interest *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829). *General and Comparative Endocrinology*. 2020, Volume 296, 113532.

Jesús Núñez-Rodríguez, Antonia Vela Díaz, Roger Bazan-Albitez, Carmela Rebaza Alfaro, Daniel Koua, Lucie Núñez, Baptiste Testi, Jean-François Renno, Fabrice Duponchelle, Hervé Pella. Use of an acoustic telemetry array for fine scale fish behaviour assessment of captive Paiche, *Arapaima gigas*, breeders. *Aquaculture Research*. 2018, Volume 49, 2296-2304.

N'Zi Daniel Koua, Joël Henry, Erwan Corre, Julien Pontin, Benoît Bernay, Jésus Núñez-Rodríguez. Immuno-enzymatic and proteomic approaches for sexing the African bonytongue (*Heterotis niloticus* Cuvier, 1829). *Fishes*, 2022, in press.

Illustrations page suivante



Etang expérimental Heterotis – Yamoussoukro – Côte d'Ivoire



Etang expérimental Heterotis – Yamoussoukro – Côte d'Ivoire. Vue aérienne, transport de géniteurs et téléchargement des données enregistrées par l'un des 4 hydrophones positionnés dans l'étang.



Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA) : Structure de conditionnement alimentaire en circuit fermé comprenant 4 unités de 3 bassins de 60L. Etang de la pisciculture du Béliér assurant le grossissement des espèces *Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus* – Yamoussoukro – Côte d'Ivoire.

Points sur les travaux en écotoxicologie

Équipe RECAP

Christelle CAPLAT | christelle.caplat@unicaen.fr

Maître de conférences UCN, Équipe RECAP, Université de Caen Normandie, Caen

Les highlights de l'équipe RECAP seront focalisés sur une description des travaux de recherche portés par l'axe Ecotoxicologie.

Les programmes :

- **ECOCAP**, ANR-FEM, 2021-2024 a permis de recruter en post-doctorat Nesrine Zitouni pour évaluer la toxicité de l'aluminium sur les larves d'huîtres et les microalgues.
- **GeDuBouq**, FEAMP, 2020-2023 avec le recrutement d'une ingénieure de recherche Claire Guégan ainsi que de Laura Fradet (M2 Sciences de la Mer, UBO) sur l'analyse préalable à une Gestion Durable des pêcheries de Bouquet en Normandie.
- **Biosurveillance**, AESN, 2019-2022, sur lequel a été recrutée Elisa Chapuis (M2 Ecotoxicologie, Agro Dijon Tech et Agro Paris Tech). **Sashimi**, OFB, 2018-2021. Ces programmes doivent permettre de définir des outils de diagnostic de la qualité de différentes masses d'eaux (immunotoxicité, génotoxicité et reprotoxicité).
- **SEATRACES** sur la traçabilité alimentaire des fruits de mer.
- **TASSILI** sur la diversité des annélides littoraux dans l'est algérien et sur la diversité des micro-organismes d'une résurgence d'eau (Aïd Skhouana).
- L'analyse de la diversité génétique et de la phylogéographie du crabe bleu *Callinectes sapidus* en Méditerranée Occidentale (à venir).
- **ACCOLADE** (axe transversal « Changements globaux » entre les équipes RECAP et PHYPAQ) pour évaluer la vulnérabilité des populations de *Paracentrotus lividus* à l'exposition cumulée d'un contaminant et de l'acidification de l'eau (en complément du programme ECOCAP).

Les thèses :

- **Alexandre Levallois** (2020-2023) dirigé par A. Serpentine et co-dirigé par C. Caplat. Evaluation des effets potentiels des anodes galvaniques sur des organismes marins. Transfert de l'aluminium dans les différents compartiments (eau et biote) exposés.
- **Marion Vial** (2022-2025) dirigée par C. Caplat et co-dirigé par O. Basuyaux, bourse CIFRE avec Corrodys. Les travaux de Marion porteront sur la caractérisation et comparaison de biocolonisations de matériaux immergés pour à terme, isoler et reconstituer un consortium de biosalissures standardisé en laboratoire.

Impacts des bruits sous-marins associés à la mise en place de parcs éoliens sur l'écologie larvaire de *Pecten maximus* (L., 1758)

Équipe SOMAQUA

Frédéric OLIVIER | frederic.olivier@mnhn.fr
Professeur MNHN, Équipe SOMAQUA, IUEM/UBO Brest

Les éoliennes offshore semblent constituer une solution efficace à l'un des plus grands défis du 21^{ème} siècle qui consiste à réduire les émissions de carbone pour limiter le changement climatique. Toutefois, pendant la phase d'installation, les travaux génèrent des bruits sous-marins à des niveaux très élevés dont les impacts restent mal connus, notamment sur les invertébrés marins benthiques présentant un cycle de vie benthoplanctonique. Depuis un siècle, la fixation des larves et le recrutement qui s'ensuit sont considérés comme un sujet clé en écologie car ils déterminent en grande partie le renouvellement des populations. Alors que plusieurs études récentes ont montré que des signaux trophiques pélagiques mais aussi des signaux sonores naturels pouvaient déclencher la fixation primaire des bivalves, le rôle du bruit anthropique reste peu documenté. Cette présentation relate les résultats d'expériences menées dans le cadre du programme IMPAIC pour évaluer les effets potentiels de l'interaction entre le régime alimentaire et les bruits de battage ou de forage sur la colonisation larvaire du substrat de la coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*. Nous démontrons ici que le bruit du battage des pieux stimule à la fois la croissance et la métamorphose et augmente la teneur totale en lipides des larves compétentes. À l'inverse, le bruit du forage réduit à la fois les taux de survie et de métamorphose. Pour la première fois, ces travaux apportent des preuves de l'impact du bruit associé à l'installation des EMR sur les larves de d'un bivalve exploité et nous discutons des conséquences potentielles sur son recrutement.

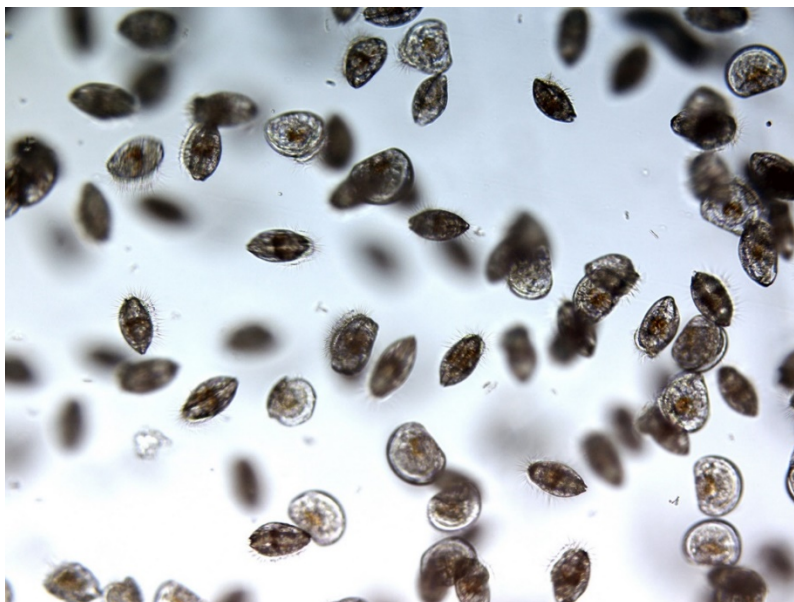


Photo réalisée par Mathilde Gigot.

ATELIER AXE CHANGEMENTS GLOBAUX

Animé par :

Nathalie NIQUIL | nathalie.niquil@unicaen.fr

Directrice de recherche CNRS, Équipe ECOFUNC, Université de Caen Normandie, Caen

Boris LEROY | boris.leroy@mnhn.fr

Maître de conférences MNHN, Équipe BIOPAC, MNHN, Paris

Présentations :

1. Les analyses de séries chronologiques et la recherche de points de rupture

par **Éric GOBERVILLE**, maître de conférences SU, Équipe SOMAQUA, MNHN Paris (eric.goberville@upmc.fr).

Bien que l'impermanence soit un principe avéré en écologie, il arrive que des changements se produisent de manière non linéaire, modifiant l'état de stabilité des écosystèmes et, en conséquence, les biens et services qu'ils fournissent. Une accélération dans la fréquence et magnitude de ces « changements de régime » - des modifications brusques, substantielles et persistantes - a été observée au cours de ces dernières décennies, à différentes échelles spatiales - du régional au global – et dans toutes les unités fonctionnelles des systèmes naturels : atmosphère, écosystèmes terrestres, côtiers et marins, systèmes sociaux. Dans un contexte d'intensification des effets des changements climatiques, et alors que les chroniques de données à long-terme sont de plus en plus disponibles et riches en information, la question méthodologique de caractérisation de ces changements abrupts est de plus en plus pressante : quelles sont les approches existantes, comment les mettre en œuvre, comment sélectionner la méthode la plus adaptée aux données à disposition, comment interpréter les résultats obtenus ? Dans cette présentation, il s'agira de dresser un bilan des approches numériques qui ont été utilisées pour caractériser de tels changements. Loin d'être exhaustive, cette présentation illustrera quelques approches courantes pouvant être envisagées pour étudier des séries temporelles et pour caractériser, voire quantifier, d'éventuels modifications abruptes pour, *in fine*, tenter de mieux comprendre comment ces épisodes s'initient, se ramifient et s'amplifient au sein des écosystèmes.

2. Les méthodes d'estimation de stocks et l'évaluation des ressources exploitées

par **Jules SELLES**, chargé d'étude, Équipe BIOPAC, MNHN Paris (jules.selles@mnhn.fr) et **Félix MASSIOT-GRANIER**, chargé d'étude, Équipe BIOPAC, MNHN Paris (felix.massiot-granier@mnhn.fr).

Les méthodes d'estimation de stocks de poisson comprennent un ensemble d'approches qui vise à reconstruire et à prédire la dynamique des populations soumises à la mortalité additionnelle sur la partie de la population exploitée par l'activité de pêche. Ces méthodes sont spécifiquement développées à des fins d'aide à la décision de gestion. Elles se traduisent en particulier par l'estimation de niveaux de captures ou d'effort garantissant l'exploitation durable des populations de l'espèce ciblée.

Dans cette présentation, nous parcourons les modèles génériques développés et couramment utilisés pour de nombreux stocks exploités. Sans être exhaustif, nous présentons des modèles qui couvrent des situations limitées en données avec une connaissance partielle des processus biologiques en s'appuyant sur le cas des stocks de langoustes de St Paul et Amsterdam avec l'application de modèles statistiques simples. Et nous passerons à l'application de modèles dits intégrés qui considèrent des descriptions complexes de la dynamique des populations et permettant d'inclure une grande diversité de données (marquage-recapture, âge...) comme c'est le cas pour les stocks de légines australes.

Nous terminons par présenter les limites de ces modèles et les perspectives de travaux qui s'intéressent à l'intégration des processus trophiques et biologiques pour mieux considérer le rôle des pressions, autres que la pêche, qui peuvent fortement influencer la dynamique des stocks et impacter la gestion des ressources exploitées.

3. Les changements d'habitat et leur simulation par les modèles de niche

par **Boris LEROY**, maître de conférences MNHN, Équipe BIOPAC, MNHN Paris (boris.leroy@mnhn.fr).

Les modèles de prédiction de répartition, aussi appelés modèles de niche écologiques ou modèles d'habitat, sont des outils statistiques qui permettent de fournir une estimation de l'aire de répartition potentielle des espèces. Cette estimation est obtenue en corrélant les observations connues de l'espèce à des données environnementales, telles que le climat ou l'habitat. Ce type de modèle présente plusieurs intérêts d'utilisation en écologie et biogéographie, et particulièrement pour étudier les impacts des changements globaux sur la biodiversité dont je présenterai rapidement quelques exemples. Néanmoins, si ces approches sont de plus en plus utilisées et accessibles, elles n'en demeurent pas moins très complexes. J'introduirai cette complexité en dévoilant la quantité de choix qui doivent être effectués par l'utilisateur lors de la calibration de ce type de modèle. J'expliquerai également la complexité sous-jacente à l'interprétation de ces modèles, en évoquant leurs hypothèses et les limites que celles-ci posent à la signification des résultats.

4. Expérimentation avec cumul d'impact : exemple du projet ACCOLADE

par **Christelle CAPLAT**, maître de conférences UCN, Équipe RECAP, Université de Caen Normandie, Caen, (christelle.caplat@unicaen.fr) et **CAMILLE DETREE**, maître de conférences UCN, Équipe PHYPAQ, Université de Caen Normandie, Caen, (camille.detree@unicaen.fr).

A l'interface entre les systèmes marins et terrestres, les zones côtières représentent des espaces dynamiques, soumis à de nombreuses pressions anthropiques et climatiques. Alors que les modèles climatiques prédisent une intensification de l'acidification (OA, 0.3-0,4 unités pH) des océans à l'échelle mondiale pour 2100 (RCP8.5, IPCC 2019), l'augmentation régionale de la contamination marine par des polluants émergents constitue une pression croissante (Commissie E. 2019). Le projet ACCOLADE se positionne dans le contexte de l'impact couplé des contaminants chimiques et de l'acidification des eaux marines, sur l'exemple d'une source de contamination, celle des métaux libérés par la dissolution des anodes galvaniques utilisées dans les systèmes de protection anticorrosion des structures métalliques immergées (Caplat *et al.*, 2010). A travers des expérimentations en laboratoire, ce projet vise à évaluer la vulnérabilité des populations de l'oursin violet *Paracentrotus lividus* aux expositions directes et indirectes aux pressions climatiques (OA) et anthropiques (lixiviats des anodes galvaniques à base d'aluminium). Plus particulièrement, nous évaluerons le développement et la survie des jeunes stades de vie en réponse à différentes concentrations de lixiviats d'anode galvanique et selon différents scénarios (contemporain et future) d'OA, telle la variation du pH.

P. Shukla *et al.*, IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

Commissie, E., 2019. European Union Strategic Approach to Pharmaceuticals in the Environment. COM (2019), 128.

Caplat, C. *et al.*, 2010. Comparative toxicities of aluminium and zinc from sacrificial anodes or form sulfite salt in sea urchin embryos and sperm. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 73, pp. 1138-1143.

5. Intégration des résultats de modèles de niche dans les modèles écosystémiques par **Quentin NOGUES**, post-doctorant, Équipe ECOFUNC, Université de Caen Normandie, Caen (quentin.nogues@unicaen.fr).

Dans le cadre des études du cumul d'incidence entre les éoliennes en mer, les changements climatiques et la pêche sur le fonctionnement de l'écosystème de la Baie de Seine, une méthode a été proposée pour lier les résultats des modèles de niche et scénarios de fonctionnement du réseau trophique par la modélisation Ecospace. La méthode en question sera présentée, ainsi que les verrous rencontrés. Le verrou principal concerne l'arrivée de nouvelles espèces non originaire de l'écosystème modélisé. En particulier, les espèces dont la probabilité de présence augmente dans les scénarios, n'arrivent pas toujours, la question des barrières qui empêchent cette arrivée se pose alors.



Le dialogue moléculaire entre le crabe vert et la sacculine

Céline ZATYLNKY-GAUDIN | celine.gaudin@unicaen.fr

Maître de conférences UCN, Équipe PHYPAQ, Université de Caen Normandie, Caen

Collaboration inter-équipes PHYPAQ, BIOPAC et SOMAQUA

Dans le cadre de l'axe transversal : Communication chimique.

F. Audebert, C. Détrée, M.P. Dubos, O. Hervé, T. Meziane, N. Rabet, N. Thiney, C. Zatylny-Gaudin

La sacculine (*Sacculina carcini*) dont le développement a été décrit par Trédez et collaborateurs (2017) est un parasite du crabe vert (*Carcinus maenas*). Ce parasite modifie la physiologie de son hôte pour croître et se reproduire. Les études d'Andrieux et collaborateurs (1981) ont montré que l'injection de l'hémolymphe de crabes verts parasités à des crabes sains induisait les mêmes changements que ceux observés chez les individus parasités, c'est-à-dire une féminisation des mâles, accompagnée d'une inhibition de la mue et de l'apparition de modifications comportementales. Les molécules à l'origine de ces changements restant inconnues, nous avons entrepris d'étudier les mécanismes de communications hôte/parasite en ciblant en particulier l'hémolymphe du crabe. Notre stratégie repose sur la comparaison des peptidomes/protéomes circulants du crabe à différents stades de parasitisme, le différentiel nous permettant d'accéder aux molécules de communication exprimées et libérées par l'hôte ou son parasite dans l'hémolymphe du crabe hôte. Une première étude sur le protéome de l'hémolymphe du crabe vert a permis d'identifier 77 protéines pour les femelles et 53 protéines pour les mâles (Figure 1) plus ou moins présentes chez les individus sains vs individus parasités. La détection différentielle de ces protéines a révélé une modulation du système immunitaire par le parasite. Nous avons également détecté 17 fois plus de *juvenile hormone esterase* proche d'une carboxylesterase chez les crabes parasités. Cette enzyme pourrait contribuer ou être à l'origine de l'inhibition de la mue et de la reproduction en détruisant le Méthyl Farnesoate. En parallèle de cette étude menée au niveau de l'hémolymphe, une étude différentielle des transcriptomes d'individus sains et parasités a été entreprise.

Trédez, Fabien, Nicolas Rabet, Laure Bellec & Fabienne Audebert. 2017. « Synchronism of naupliar development of *Sacculina carcini* Thompson, 1836 (Pancrustacea, Rhizocephala) revealed by precise monitoring ». *Helgoland Marine Research* 70 (26): 1-11.

Andrieux, N., Herberts, Ch., & De Frescheville, J.. 1981. « Relations hôte-parasite entre les Crustacés *Carcinus* et *Sacculina carcini* : Effet d'extraits de parasite et de l'hémolymphe de crabe infesté sur le protéinogramme de crabes sains ». *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 56(4), 441-448.

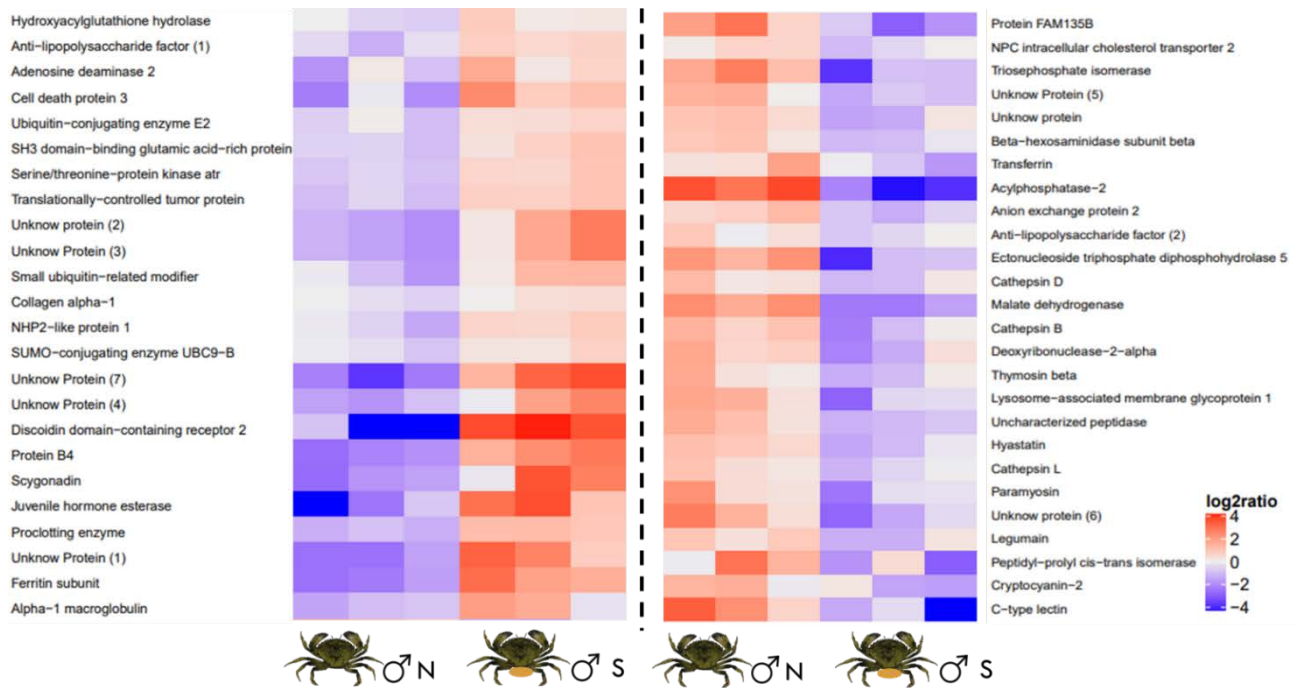


Figure 1 : Abondance des protéines dans l'hémolymphe de crabes mâles en fonction de la présence du parasite *Sacculina carcini*.

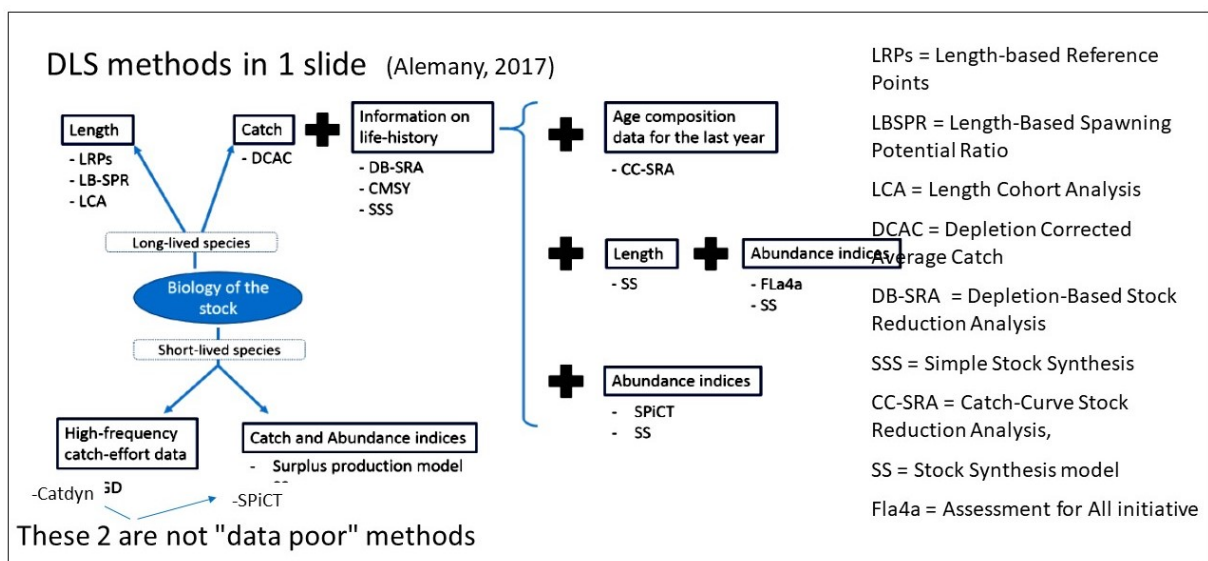
De l'importance de disposer de données à une échelle fine pour l'étude de la biologie des pêches de céphalopodes ?

Jean-Paul ROBIN | jean-paul.robin@unicaen.fr

Professeur UCN, Équipe ECOFUNC, Université de Caen Normandie, Caen

Parce que les céphalopodes de l'Atlantique Nord-Est ont longtemps été considérés comme des ressources commerciales mineures, les données acquises sont souvent peu nombreuses et les halieutes sont tentés d'appliquer à ces stocks des méthodes DLS (Data Limited Stocks). Cependant, les progrès réalisés dans la compréhension de la dynamique des populations de céphalopodes ou de leur rôle dans l'écosystème révèlent que l'évaluation des populations de céphalopodes est exigeante en données. Chaque progrès, de l'adaptation des méthodes de Leslie-DeLury à sa version généralisée, a nécessité des données à une résolution temporelle plus fine que dans la plupart des évaluations de stocks de poissons. La difficulté et l'effort considérable pour obtenir des informations à une échelle plus fine de façon régulière ont conduit à l'abandon de certaines approches (comme les méthodes basées sur l'âge). Les défis auxquels nous sommes confrontés avec d'éventuels changements de distribution spatiale ou la nécessité d'évaluer les conséquences de fortes pressions de pêche locales ne sont probablement pas détectés par les outils DLS et nécessiteront également des données à une échelle spatiale et temporelle fine.

Cette présentation, s'appuie sur une revue des méthodes DLS (Alemany, 2017), illustre les étapes de l'amélioration des évaluations de stocks de céphalopodes et introduit la thèse d'Anna Marcout.



Liste de méthodes pour l'évaluation des stocks à données limitées, dressée par Alemany (2017)* en fonction de la durée de vie des espèces exploitées.

*ALEMANY, Juliette. Développement d'un cadre bayésien pour l'évaluation de stocks à données limitées et élaboration de scénarios de gestion, cas particuliers de la seiche (*Sepia officinalis*) et du lieu jaune (*Pollachius pollachius*). 2017. Thèse de doctorat. Normandie. 34

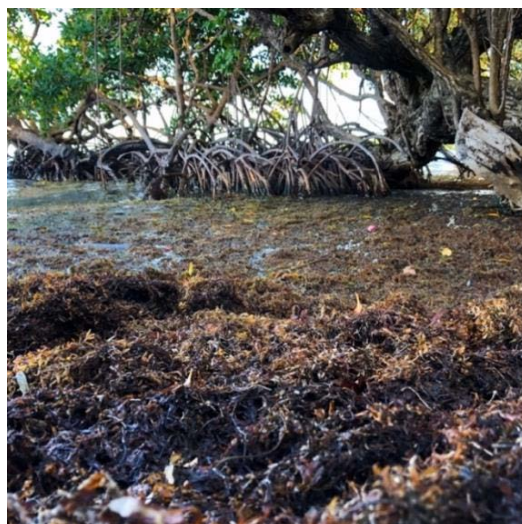
Effets combinés de l'eutrophisation par les sargasses et de l'activité des crabes sur le stockage de carbone dans les sédiments de mangroves : étude expérimentale

Tarik MEZIANE | tarik.meziane@mnhn.fr

Professeur MNHN, Équipe SOMAQUA, MNHN, Paris

Les mangroves stockent du carbone dit « bleu » dans leurs sédiments. Cependant, l'eutrophisation peut générer la reminéralisation de ce carbone *via* le « priming effect » ou, au contraire, son immobilisation dans le sol. Par ailleurs, les crabes, très nombreux dans les la forêt à mangroves, en particulier les crabes violonistes peuvent aussi influencer les dynamiques de la matière organique et des communautés microbiennes mais leur impact reste méconnu en période d'échouages de sargasses dans les mangroves.

Pour comprendre le rôle des crabes dans la biogéochimie des sédiments eutrophisés, nous avons utilisés des bacs remplis de sols de mangroves et soumis à un cycle quotidien de marées durant 60 jours. En plus de la condition témoin (sans ajout de matière organique : MO), les autres bacs ont reçu des feuilles de palétuviers (L) et des feuilles de palétuviers plus des thalles de sargasses (L+S). De plus, chaque condition a été réalisée avec et sans présences de crabes. Les concentrations d'acides gras mesurées dans les sédiments de surface et de subsurface montrent que les apports de sargasses changent la qualité de la MO. En présence de sargasses, avec et sans crabes, on mesure une augmentation de la biomasse des bactéries telle qu'indiqué par les acides gras qui leurs sont attribués et par l'augmentation de l'export de CO₂ vers l'atmosphère. De même, la MO provenant de la surface est plus fortement transférée vers des niveaux plus profonds en présence des crabes est encore bien plus en présence de sargasses comme l'indique l'augmentation de la concentration en MO algale dans les sédiments de subsurface. Cette augmentation d'une MO labile se fait au détriment de celle plus réfractaire dans les sédiments de subsurface. Ainsi à plus long terme, les apports de sargasses pourraient entraîner une modification dans le cycle du carbone sédimentaire et réduire les stocks de carbone bleu via un « priming effect ».



Échouage de sargasses dans les mangroves de la Guadeloupe.

© Melissa Narayaninsamy

Connectivité entre populations du gobie amphidrome *Sicyopterus lagocephalus* (Pallas 1770) dans le sud-ouest de l'Océan Indien, mise en évidence par une approche de modélisation hydrodynamique

Céline ELLIEN | celine.ellien@mnhn.fr

Maître de conférences SU, Équipe BIOPAC, MNHN, Paris

Le gobie amphidrome *Sicyopterus lagocephalus* (Pallas 1770) est largement réparti dans tout le bassin Indo-Pacifique. Son cycle de vie particulier se caractérise par des stades juvénile et adulte peuplant les rivières de îles volcaniques tropicales et un stade marin dispersif : le stade larvaire. Dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien, ce gobie est présent dans les archipels des Mascareignes et des Comores et constitue une unique population, comme l'a révélé une étude de génétique de populations, menée il y a quelques années. La question se pose alors de la connectivité entre ces deux archipels, distants de 1500 km, connectivité qui impliquerait le stade larvaire planctonique. Afin d'évaluer les possibilités d'échanges larvaires entre Mayottes, les Comores, La Réunion (représentée dans le modèle par 4 zones) et Maurice (représenté par 2 zones), les trajectoires de migration potentiellement suivies par les larves durant leur phase dispersive ont été simulées en utilisant un modèle hydrodynamique 3D, couplé à un modèle Lagrangien de transport larvaire. Huit sites de ponte, coïncidant avec les zones de recrutement, ont été définies, et les particules/larves ont été émises à une fréquence mensuelle, afin de quantifier les flux larvaires possibles entre populations, et in fine, de déterminer la ou les région(s) les plus efficaces pour fournir des larves aux différentes populations. Un total de 168 simulations, couvrant les périodes de 2005 à 2018, a été réalisé, basé sur des paramètres biologiques spécifiques (amplitude de la durée de la phase larvaire, migration verticale larvaire, aires de ponte/recrutement) visant à mener une étude de sensibilité des trajectoires de migration aux dates de ponte, en incluant différents scénarii hydro-climatiques réalistes. Les résultats de cette étude montrent que tous les sites de recrutement peuvent recevoir par auto- et allo-recrutement, des particules/larves présentant un âge au recrutement entre 110 et 135 jours. Nos résultats montrent une très forte variabilité inter-annuelle des trajectoires larvaires et des flux, sans pour autant révéler de tendance saisonnière. Maurice et la région des Comores présentent le plus fort taux de recrutement, et Maurice est aussi le « meilleur contributeur » pour fournir des larves aux autres sites, ce qui s'explique aisément par sa position géographique au sein des courants dominants. A la Réunion, on observe un équilibre entre allo- et auto-recrutement. La connectivité entre les Mascareignes et les Comores est donc bien validée par notre étude, principalement dans la direction des Mascareignes vers les Comores, mais occasionnellement aussi des Comores vers les Mascareignes à travers le canal du Mozambique.

Les phéromones sexuelles chez la seiche *Sepia officinalis* : structures, activités et diversité

Joël HENRY | joel.henry@unicaen.fr

Professeur UCN, Équipe PHYP AQ, Université de Caen Normandie, Caen

La seiche commune de la Manche (*Sepia officinalis*) se reproduit chaque année au printemps sur des aires de ponte côtières très localisées après une migration horizontale ouest-est de plusieurs dizaines de kilomètres (80-200 km). L'arrivée massive de reproducteurs sur les côtes de l'ouest du Cotentin et de la baie de Seine est suspectée d'être provoquée par l'action de phéromones sexuelles exprimées et sécrétées par les organes génitaux des femelles sexuellement matures.

Une première étude utilisant une approche combinant transcriptomique et peptidomique avait permis d'identifier 3 transcrits structurellement apparentés, exprimés par la glande de l'oviducte : α , α' et β . Certains produits de clivage identifiés en spectrométrie de masse comme les peptides $\alpha 3$ et $\beta 2$ sont libérés par les œufs dans le milieu extérieur et exercent une activité biologique de type myotrope au niveau des tractus génitaux mâle et femelle.

Une seconde étude réalisée à partir d'une nouvelle base de données transcriptomique, mettant en œuvre une approche protéomique, des tests fonctionnels *in vitro* et une étude *in silico*, a conduit à l'identification d'un cocktail de phéromones de 22 à 26 kDa issues des transcrits préalablement identifiés et de 2 nouveaux transcrits. Ces phéromones polypeptidiques proviennent d'un second type de maturation post traductionnelle.

Les analyses protéomiques ont révélé une libération partielle des phéromones dans l'environnement et leur accumulation dans la capsule externe de l'œuf, suggérant un mécanisme additionnel de stimulation par contact, lors de la manipulation des œufs par les femelles. Le rôle des œufs comme diffuseurs de phéromones est donc clairement établi par la combinaison de tests fonctionnels sanctionnés par une analyse protéomique réalisée à partir d'eau ayant contenu des œufs.

Par ailleurs, ces phéromones possèdent un domaine heptapeptidique de séquence CGSLPCP totalement conservé, qui a permis d'identifier 3 séquences homologues chez un autre céphalopode, *Octopus bimaculoides*. Un tel domaine conservé au sein d'espèces appartenant au même genre – *IEECKTS* - a aussi été décrit chez les gastéropodes du genre *Aplysia* pour une phéromone sexuelle nommée « attractine ». Cette particularité structurale constituerait donc potentiellement un moyen d'identification de nouvelles phéromones sexuelles dans les bases de données « céphalopodes ».

Jérémy Enault, Céline Zatylny-Gaudin, Benoît Bernay, Benjamin Lefranc, Jérôme Leprince, Michèle Baudy-Floc'h, Joël Henry, 2012, *PlosOne*. A Complex Set of Sex Pheromones Identified in the Cuttlefish *Sepia officinalis*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3484142/pdf/pone.0046531.pdf>

Céline Gaudin-Zatlyny, Erwan Corre, Bruno Zanuttini, Maxime Endress, Benoît Bernay, Julien Pontin, Alexandre Leduc, Joël Henry. 2022, Marine Biotechnology. Identification of a New Set of Polypeptidic Sex Pheromones from Cuttlefish (*Sepia officinalis*). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35397049/>



Titre à venir

Etienne BEZAULT | ebezault@univ-ag.fr

Maître de conférences UA, Équipe RECAP, Université des Antilles, Guadeloupe, Pointe à Pitre

Résumé à venir

POSTERS

Louis AMAND, Ingénieur SU, Equipe AMEX, Sorbonne Université, Paris,
louis.amand@upmc.fr

BENDICAM V1 - Benthic Distribution CAMera Version 1

Présenté au Réseau haute pression du CNRS en juin 2022.

Résumé :

Le projet BENDICAM commence en 2019 et a pour objectif de développer un modèle de caméra sous-marine autonome dédié à l'observation des écosystèmes benthiques profonds. Il s'inscrit dans le contexte du suivi scientifique des pêcheries et des réserves naturelles françaises de l'océan Austral par le Muséum national d'Histoire naturelle MNHN. Ce suivi repose sur la mise en œuvre de protocoles d'observation réalisés par les observateurs scientifiques embarqués à bord des navires lors d'opérations de pêche commerciale ou de campagnes halieutiques d'évaluation des stocks de poissons.

Le développement technologique est assuré par deux équipes d'ingénieurs collaborant sur les aspects mécanique haute pression BOREA et électronique avancée IMPMC.

Début 2022 après avoir été entièrement développée, assemblée et testée dans nos laboratoires, BENDICAM V 1 a été livrée au MNHN pour être utilisée lors de prochaines opérations de pêche dans les TAAF et permettra ainsi d'améliorer la qualité du suivi scientifique, en rendant accessibles des informations qui ne sont aujourd'hui pas collectées faute de disponibilité d'une technologie dédiée.

Baptiste FRATTINI, Ingénieur, auto-entrepreneur, personnel associé recherche, Équipe ECOFUNC, Université de la Réunion, baptiste.frattini22@gmail.com

Communautés sessiles des mini-récifs artificiels (ARMS) sur les pentes externes des récifs coralliens de l'île de La Réunion : patrons spatiaux multi-échelles et possibles forçages environnementaux

Résumé :

Cette étude vise un compartiment des récifs coralliens sous-étudié, notamment dans les Mascareignes : le cryptobiome. Pourtant, il présente une forte diversité phylétique, de formes de vie et de fonctions écosystémiques. Il joue un rôle trophique essentiel, participe à la bioérosion et au recyclage de la matière détritique. Les mini-récifs ARMS (Autonomous Reef Monitoring Structure) sont des dispositifs standardisés d'échantillonnage passif à moyen terme (2 ans) du cryptobiome ; composés de 9 plaques de PVC empilées en une série alternée d'espaces ouverts et fermés. Une première étude réalisée sur 8 faces de plaques par ARMS au cours d'un stage de M2 a montré des variations au sein des communautés du cryptobiome sessile en fonction de l'orientation des faces des plaques (supérieur/inférieur), de leurs ouvertures sur le milieu (ouvert/fermé) et de la hauteur par rapport au substrat. Les ARMS ont été placés en triplicats sur un jeu de distances entre sites (2m - 50km, 9 sites) pour analyser les variations spatiales de ces communautés à La Réunion. Une forte corrélation existe entre distance et dissimilarité écologique. Différentes variables environnementales ont montré que le recouvrement corallien et l'exposition aux régimes de houles peuvent structurer ces communautés. Dans un deuxième temps, l'étude de toutes les faces des 243 plaques des 27 ARMS permettra d'examiner plus finement la variabilité. Une analyse temporelle des successions écologiques de la cryptofaune sessile et une comparaison avec Rodrigues sera effectuée. Enfin, l'état de l'art ainsi que les premiers résultats suggèrent que ce compartiment rassemble des espèces provenant de milieux sciaphiles, mais aussi des espèces provenant de la zone mésophotique. D'autres ARMS actuellement en captation à 55 m de profondeur (un triplicat, trois sites) permettront de vérifier si ces zones plus profondes pourront servir de réservoir de cryptofaune pour les récifs coralliens peu profonds menacés par le réchauffement climatique.

Auteurs : Frattini Baptiste, Couëdel Marion, Guillaume Mireille M.M., Goberville Eric, Dettai Agnès, Bruggemann Fleur, Bureau Sophie, Fustemberg Gwennaïs, Loze Lisa, Serval Auriane, Verde Ferreira Amélie, Bruggemann J. Henrich



Figure 1. Photographie d'une plaque d'un mini-récif ARMS (Autonomous Reef Monitoring Structure), immergée pendant 2 ans sur la pente externe d'un récif corallien de La Réunion. @H. Bruggemann & M. Guillaume.

POSTERS

Alexandre LEVALLOIS, Doctorant 3^e année, Équipe RECAP, Université de Caen Normandie, Caen, alexandre.levallois@unicaen.fr

Effects on growth and bioaccumulation of chronic exposure of metals released from the dissolution of an aluminum-based galvanic anode on juvenile abalones *Haliotis tuberculata*.

Levallois Alexandre¹, Nivelais Laureen,² Basuyaux Olivier², Lebel Jean-Marc¹, Costil Katherine¹, Serpentine Antoine¹, Caplat Christelle¹

¹ *Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA) Université de Caen Normandie UNICAEN, Sorbonne Université, MNHN, Sorbonne Université Paris 06, UA, CNRS 8067, IRD, Esplanade de la paix, F-14032 Caen.*

² *Synergie Mer et littoral (SMEL), Zac de Blainville, F-50560 Blainville-sur-Mer.*

Présenté au Congrès PRIMO21, 22-25 mai 2022, Gothenburg, Suède.

Résumé :

Among the anthropogenic sources releasing metallic species into the marine environment, the galvanic anode cathodic protection system (GACP) is widely used to protect submerged metallic structures from corrosion (ship hulls, offshore constructions). The galvanic anode undergoes oxidation in the marine environment and releases metals (often aluminum or zinc) in the forms of ions or oxy-hydroxides into the environment. Surprisingly, there are very few studies concerning the potential biological effects of galvanic anodes. The main objective of our study was to investigate the toxicity of metals from the dissolution of an aluminum-based galvanic anode (95% Al, 5% Zn, <0.1% In, Cd...) on the abalone *Haliotis tuberculata*. Abalones were exposed 16 weeks (12 weeks of exposure and 4 weeks of decontamination phase) to study the impact on growth, intake rate, conversion rate and bioaccumulation. A total of 6 conditions were tested: a control, 4 aluminum concentrations (75, 150, 500 and 1000 $\mu\text{g L}^{-1}$) and a trophic control where abalones were placed in natural seawater but feeding with contaminated algae. Abalone growth decreased significantly from 500 $\mu\text{g L}^{-1}$ and 54% mortality was observed for individuals exposed to 1000 $\mu\text{g L}^{-1}$. Intake rate measurements revealed that the appetite of abalones is affected and the large increase of the conversion rate for the highest exposure concentrations was indicative of poor feed efficiency. The bioaccumulation results showed that abalone appear to be an important bioaccumulator of aluminum relative to zinc, for the highest concentration, 2989 mg kg^{-1} of aluminium against 159 mg kg^{-1} for zinc. The diet does not appear to be the primary pathway for metal entry. Concentrations that significantly impacted abalone growth and survival during the experiment are higher than those found in the environment but bioaccumulation in a primary consumer such as abalone may be a potential pathway for aluminum to enter food webs.

Quentin NOGUES, Post-doctorant ingénieur de recherche, Équipe ECOFUNC, Université de Caen Normandie, Caen, quentin.nogues@unicaen.fr

Comment les effets cumulés influencent le fonctionnement et l'organisation de l'écosystème : vers une approche spatialisée combinant plusieurs activités humaines dans la baie de Seine / How cumulative effects impact the ecosystem functioning and organization: towards an Ecospace approach combining multiple drivers in the Bay of Seine.

Présenté au Congrès « Advances in Marine Ecosystem Modelling Research », 12-15 Juillet 2021, virtuel/Plymouth, Royaume-Uni.

Résumé :

Dans ce poster, complémentaire à la présentation orale, nous détaillons l'utilisation d'indicateurs écologiques (indices ENA) pour étudier les effets cumulés du changement climatique et du parc éolien de Courseulles-sur-Mer sur le fonctionnement et la résilience de l'écosystème de la baie de Seine. Pour ce faire, nous avons modélisé le réseau trophique de la baie de Seine étendue dans la Manche à l'aide d'Ecospace et nous avons combiné plusieurs approches pour simuler les effets potentiels du changement climatique (RCP 8.5 du GIEC en 2050) et d'un parc éolien offshore (effet réserve et effet récif) sur le réseau alimentaire. Nous avons déterminé que le changement climatique avait un effet structurant sur l'écosystème, ce qui joue un rôle clé dans la genèse des effets cumulés. De plus, les effets cumulés du changement climatique et du parc éolien semblent être bénéfiques pour la résilience de l'écosystème aux perturbations, à cause du nouvel habitat artificiel apporté par les éoliennes.

PDF : <https://borea.mnhn.fr/fr/how-cumulative-effects-impact-ecosystem-functioning-and-organization-towards-ecospace-approach>

Baptiste VIVIER, Post-doctorant, Équipe RECAP, Université de Caen Normandie, Caen, baptiste.vivier@unicaen.fr

Rôle de la colonisation d'infrastructures marines sur la production et la biodiversité des écosystèmes côtiers en Manche

Résumé :

L'accroissement des pressions anthropiques sur les écosystèmes côtiers provoquent des modifications des habitats, des écosystèmes et des différentes fonctions associées. La construction d'ouvrages côtiers tels que les digues ainsi que l'émergence de plusieurs projets d'implantation d'éoliennes off-shore sont en augmentation constante sur les côtes de la Manche française. Avec ces différents projets, l'artificialisation de certains habitats devient inévitable, il est donc primordial d'évaluer leurs impacts écosystémiques, et, si possible, de les limiter. Le projet MARINEFF est né dans ce contexte, il vise à concilier développement humain et bénéfice écologique. Le développement de ces nombreuses infrastructures côtières crée de nouveaux habitats. L'objectif de ces travaux a été d'évaluer les processus de colonisation biologique à différentes échelles ainsi que certaines fonctions écologiques comme la production primaire sur différents types d'infrastructures marines en conditions contrôlées et en situation *in situ* dans deux sites la rade de Cherbourg et la baie de Seine. Les mesures de fluorescence modulée (PAM) réalisées sur les différents compartiments de producteurs primaires benthiques ont permis d'évaluer la fonction de production primaire et son évolution en fonction des forçages testés ou observés. Une part importante de ce travail s'est concentrée sur l'étude du microphytobenthos de substrat dur, sa croissance, sa photobiologie en relation avec le type de substrat colonisé, sa structure de surface et l'impact de différents forçages sur ces paramètres. A une plus grande échelle, le développement des communautés benthiques a également été caractérisé sur les deux sites et sur différentes infrastructures. Des mesures de production primaire *in situ* associées à des mesures de biodiversité et de PAM ont permis de décrire les processus de colonisation d'infrastructures artificielles et d'évaluer leur efficacité. Ces travaux apportent une nouvelle vision à l'écologie benthique associée aux substrats durs artificiels et apportent des estimations fiables de l'impact de ces structures sur l'écosystème.

PDF : <https://borea.mnhn.fr/fr/r%C3%B4le-colonisation-dinfrastructures-marines-production-biodiversit%C3%A9-%C3%A9cosyst%C3%A8mes-c%C3%B4tiers-manche>