

## Abstract

In the context of climate change, Arctic marine ecosystems are affected by rapid environmental modifications, whose effects on biotic communities are still debated. The sea-ice decline and the increase in freshwater inputs and turbidity are likely to impact Arctic primary producers, with cascade effects on a key-process in those ecosystems: the trophic relationship between primary producers and benthic consumers (generally referred as “pelagic-benthic coupling”).

The direct study of such complex interaction is not straightforward in the Arctic, given the difficult field conditions and scarcity of environmental monitorings. The biological model of filter-feeding bivalves offers the possibility to get around these problems, allowing to study those ecological processes indirectly. Among the advantages of this model, there is first of all the fact that these organisms record in their shell, in the sequentially deposited carbonate layers, some dynamics of their abiotic and biotic environments. The information recorded in such “bioarchives” are interpreted through the methods of sclerochronology and sclerochemistry and relate to a time window corresponding to the organism lifespan (variable according to the species, from some years to more than 500 years for *Arctica islandica*). Given that these organisms are primary consumers, another advantage of this biological model is that the study of their diet can provide information about the trophic relationship with primary producers. With the methods of trophic ecology, especially fatty acids and stable isotopes, the study of the tissues allows the investigation of sources assimilated at a timescale of weeks/months.

The main objective of this thesis is to test the potential of bivalves *Astarte moerchi* (*borealis* complex) as a biological model for the study of marine Arctic ecosystems. A coupled approach is used to combine shell analysis by the methods of sclerochronology and sclerochemistry (elemental ratios) and tissue analysis by the methods of trophic ecology (fatty acids, carbon and nitrogen stable isotopes, compound-specific carbon stable isotopes on individual fatty acids). Two living *A. moerchi* populations have been studied in two fjords presenting contrasted environmental conditions: Young Sound in North-East Greenland (“Arctic” site, where ice-free conditions are present only 100 days per year) and Kongsfjorden in the West coast of the Svalbard Archipelago (considered as a “sub-Arctic” site, due to warm currents from the Atlantic). The study of the tissues of *A. moerchi* allowed to show the trophic plasticity of this species, with differences in food sources of the two populations linked to local primary production dynamics. Moreover, trophic markers have shown the contribution to the bivalve diet of benthic primary producers (microphytobenthos and macroalgal detritus), whose importance as carbon source in Arctic coastal ecosystems has recently been highlighted. The analysis of the shell of *A. moerchi* allowed to: a) corroborate the hypothesis of annual growth lines formation, thus confirming the longevity of this species that can attain 150 years; b) show the potential interest of the analysis of elemental ratios and particularly the ratio between Barium and Calcium (Ba/Ca), which could be related to phytoplanktonic blooms and c) show that contrasted environmental conditions in the Arctic and sub-Arctic sites result in different shell growth patterns. Moreover, an exploratory study was carried out on fossil *A. moerchi* specimens from the Holocene collected in Young Sound, showing the potential interest of this species for paleoecology.

Some perspectives for the further use of this model study in ecology are discussed, especially the need to calibrate the proxies on this species and the possibility to study these bivalves, which present a wide geographical and bathymetric distribution, in other Arctic marine ecosystems. To conclude, an epistemological reflection is sketched about the specificity of the biological model study of filter-feeding bivalves. In contrast to the classical notion of “model organism” used in experimental biology, we suggest that filter-feeding bivalves (as well as other “bioarchives” like trees, corals and coralline algae) belong to a category of biological models that could be named “*in situ*” and seems specific to the ecological discipline.

## Résumé

Dans le contexte des changements climatiques, les écosystèmes marins arctiques sont confrontés à des modifications environnementales accélérées, dont les conséquences sur les communautés biotiques sont encore débattues. La diminution du couvert de glace, l'augmentation de la turbidité et des apports d'eau douce vont affecter les producteurs primaires arctiques, avec des effets en cascade sur un processus-clé de ces écosystèmes : la relation trophique entre producteurs primaires et consommateurs benthiques (à laquelle se réfère généralement l'expression « couplage pélagos-benthos »).

L'étude directe de ces interactions complexes n'est pas aisée dans ces milieux où les conditions d'accès sont difficiles et les suivis environnementaux rares. Le modèle biologique des bivalves filtreurs peut permettre de contourner ces problèmes en remplissant une fonction d'« intermédiaire » pour la compréhension de ces processus écologiques. Parmi les avantages de ce modèle d'étude, il y a tout d'abord le fait que ces organismes enregistrent au sein de leur coquille, dans les couches de biocarbonates qu'ils sécrètent périodiquement, certaines dynamiques de leurs environnements abiotiques et biotiques. Les informations contenues dans ces « bioarchives » sont interprétées grâce aux méthodes de la sclérochronologie et de la sclérochimie et concernent une fenêtre temporelle correspondante à la vie des individus (pouvant aller, selon les espèces, de quelques années à plus que 500 ans pour *Arctica islandica*). Un autre avantage de ce modèle biologique est que, s'agissant d'organismes qui sont des consommateurs primaires, l'étude de leur régime alimentaire peut apporter des éléments sur la relation trophique avec les producteurs primaires. Avec les méthodes de l'écologie trophique, en particulier les acides gras et les isotopes stables, l'étude des tissus permet d'obtenir des informations sur les sources assimilées à l'échelle de quelques semaines/mois.

L'objectif général de cette thèse est de tester le potentiel des bivalves *Astarte moerchi* (complexe *borealis*) comme modèle biologique pour l'étude des écosystèmes marins arctiques. Pour ce faire, une approche couplée est utilisée combinant à la fois l'analyse de la coquille par les méthodes de la sclérochronologie et de la sclérochimie (ratios élémentaires) et l'analyse des tissus par les méthodes de l'écologie trophique (acides gras, isotopes stable du carbone et de l'azote, isotopes du carbone sur acides gras individuels). Deux populations actuelles d'*Astarte moerchi* ont été étudiées dans deux fjords présentant des caractéristiques environnementales contrastées : le Young Sound au Nord-Est du Groenland (considéré comme fjord « arctique », où les eaux sont libres de la glace seulement une centaine de jours par an) et le Kongsfjorden à l'Ouest de l'Archipel du Svalbard (considéré comme site « sub-arctique » en raison des courants chauds de l'Atlantique). L'étude des tissus d'*A. moerchi* a permis de mettre en évidence la plasticité trophique de cette espèce, avec des différences dans les sources d'alimentation de deux populations liées aux dynamiques locales de production primaire. En outre, les méthodes trophiques ont permis de montrer dans le régime alimentaire de ces bivalves des contributions des producteurs primaires benthiques (microphytobenthos et détritits macroalgaux), dont l'importance comme sources de carbone dans les milieux côtiers arctiques a été mise en évidence par des études récentes. L'étude de la coquille d'*A. moerchi* a permis de : a) corroborer l'hypothèse de la formation annuelle des stries de croissance, confirmant ainsi la longévité de cette espèce pouvant atteindre 150 ans ; b) montrer l'intérêt potentiel de l'étude des ratios élémentaires dans les biocarbonates et en particulier du ratio Barium sur Calcium (Ba/Ca), qui pourrait être relié aux efflorescences phytoplanctoniques et c) montrer que les conditions environnementales contrastées du site arctique et sub-arctique se traduisent dans des patrons de croissance coquillière différents. En outre, une étude exploratoire a été menée sur des spécimens d'*A. moerchi* de l'Holocène récoltés au Young Sound, permettant de mettre en évidence le potentiel de cette espèce pour la paléoécologie.

Des perspectives pour l'utilisation ultérieure de ce modèle en écologie sont discutées, en particulier la nécessité de calibrer les indicateurs sur cette espèce et la possibilité d'étudier ces bivalves, qui présentent une répartition géographique et bathymétrique large, dans d'autres écosystèmes marins arctiques. Pour conclure, une réflexion épistémologique est amorcée sur la spécificité du modèle biologique d'étude des bivalves filtreurs. En opposition à une notion plus classique d'« organisme modèle » utilisée en biologie expérimentale, nous proposons que les bivalves filtreurs (à l'instar d'autres « bioarchives » comme les arbres, des coraux et des algues corallines) appartiennent à une catégorie de modèles biologiques qu'on pourrait qualifier « *in situ* » et qui semble être spécifique à la discipline écologique.