



Influence du climat et de l'environnement sur la croissance coquillière de la mulette perlière en Bretagne

Julien THÉBAULT, Clémence ROYER, Aurélie JOLIVET,
Pierre-Yves PASCO, Marie CAPOULADE, Philippe MASQUELIER
& Laurent CHAUVAUD



Jo Thébault

J. Thébault

La mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) est une espèce de bivalve longévive ayant une vaste aire de répartition, couvrant les rivières européennes ainsi que l'est de l'Amérique du Nord (Geist, 2010). Elle est, depuis 1996, classée « en danger d'extinction » sur la liste rouge de l'UICN. Au cours du siècle dernier, les effectifs de mulettes ont chuté de 90 % en Europe (Geist, 2010) et de 99 % en Bretagne, qui représente l'une des deux régions françaises hébergeant encore des populations en bonne santé (Cochet, 1998).

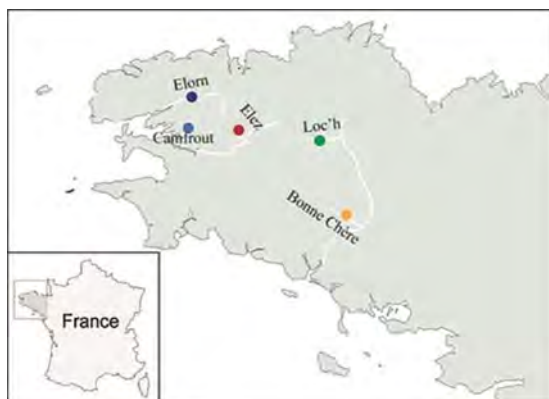
La conservation de cette espèce repose sur une bonne connaissance de sa biologie, et notamment de sa croissance qui peut être déduite de l'analyse des lignes concentriques visibles à la surface des coquilles et à l'intérieur des valves (striation interne visible en coupe sagittale). Rypel *et al.* ont démontré que le rythme de formation de ces marques était annuel, avec un ralentissement de croissance durant l'hiver (Rypel *et al.*, 2008).

Cette étude a pour objectif d'étudier la croissance coquillière de la mulette dans plusieurs populations bretonnes au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle via l'analyse des marques internes, et d'effectuer des comparaisons avec d'autres populations européennes. Un autre objectif est d'étudier l'influence du climat et de l'environnement sur la croissance coquillière en comparant des indices de croissance standardisés (SGI) avec plusieurs variables climatiques et environnementales.

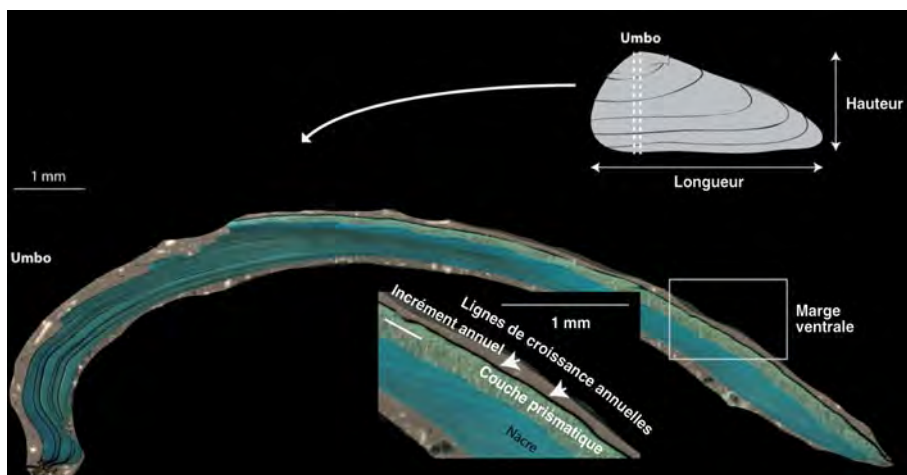
Matériel et méthodes

Soixante-huit coquilles de *M. margaritifera* ont été collectées entre 1996 et 2011 dans

5 rivières bretonnes [1]. Seules les coquilles mortes en bon état de conservation ont été analysées. Leur valve gauche a ensuite été préparée selon des techniques de sclérochronologie décrites par Thébault *et al.* afin d'obtenir une coupe sagittale de 1 mm d'épaisseur par individu (Thébault *et al.*, 2009). Les taux de croissance annuels ont été estimés en



[1] Carte des sites de prélèvements : (1) Elorn, (2) Camfrout, (3) Elez, (4) Loc'h et (5) Bonne Chère



[2] Axes de mesures morphométriques sur les coquilles (en haut à droite) et coupe sagittale d'une coquille après immersion dans la solution de Mutvei (en bas)

mesurant la largeur de chaque incrément de croissance visible dans la couche externe sur les coupes sagittales de tous les individus. Une année de formation a ensuite été attribuée à chaque incrément par rétro-calcul à partir de la date de mort de l'individu [2].

À des fins de comparaison avec d'autres populations européennes, la croissance coquillière a été modélisée dans chaque population bretonne à l'aide du modèle général de Von Bertalanffy. La taille maximale observable (L_{∞}) et le coefficient de croissance (k) de ce modèle ont ensuite été utilisés pour calculer un indice de performance de croissance ϕ' (Pauly & Munro, 1984). Ce dernier a été calculé (1) pour chaque population bretonne, (2) pour la Bretagne, en regroupant les données des 5 populations, et (3) pour d'autres populations européennes précédemment étudiées.

La largeur des incréments annuels diminuant naturellement avec l'âge de l'organisme, ces derniers ne peuvent être utilisés sans correction de cette tendance ontogénique si l'on souhaite (1) comparer les anomalies de croissance annuelles entre individus d'âges différents, et (2) isoler des signaux environnementaux. Pour ce faire, des indices de croissance standardisés (SGI) ont été calculés. Ces indices reposent sur le calcul d'un rapport entre la largeur des incréments observée

et prédite par le modèle de Von Bertalanffy. Ce rapport a été calculé pour chaque incrément annuel et chaque coquille (Schöne, 2003).

Les données physico-chimiques des rivières ont été obtenues sur le site internet Osurweb¹, à l'exception de celles du Camfrout (réseau rade de Brest²). Les valeurs de température de l'air ont été obtenues sur le site internet du European Climate Assessment and Dataset³. Quant à l'indice climatique AMO⁴, ses variations inter-annuelles ont été obtenues auprès de la NOAA⁵. Cet indice est connu pour affecter le climat estival européen, la température atmosphérique, la fréquence des événements extrêmes et l'écologie des organismes.

Résultats

La coquille la plus âgée a été trouvée sur l'Elez (66 ans) et la plus jeune sur le Bonne Chère (10 ans). En moyenne, les individus étaient âgés de 42 ans à leur mort. Les populations de l'Elez et du Loc'h sont caractérisées par des faibles L_{∞} et des valeurs de k assez élevées, à l'opposé de celles du Bonne Chère et de l'Elorn [Tableau 1][3]. Pour la Bretagne dans son ensemble, les paramètres de croissance de Von Bertalanffy sont de

1 - Osurweb : site Internet de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne : www.eau-loire-bretagne.fr

2 - Réseau rade de Brest : www.rade-brest.fr

3 - European Climate Assessment and Dataset (Réseau d'évaluation du climat européen, réalisée dans les stations météorologiques d'une cinquantaine de pays de l'Europe et de la région méditerranéenne) : <http://eca.knmi.nl>

4 - AMO : Atlantic Multidecadal Oscillation (oscillation atlantique multidéennale : OAM)

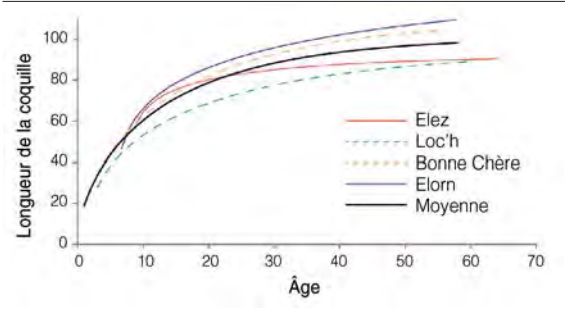
5 - NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration (Agence américaine d'observation des espaces océaniques et atmosphériques aux États-Unis) : www.esrl.noaa.gov

Rivière	L_{∞} (mm)	k (an ⁻¹)	ϕ'
Bonne-Chère	104	0,068	2,87
Elez	88	0,11	2,92
Elorn	110	0,047	2,76
Loc'h	79	0,12	2,87
Bretagne	105,8	0,069	2,89

[Tableau 1] Paramètre de croissance de Von Bertalanffy pour les populations de moules bretonnes

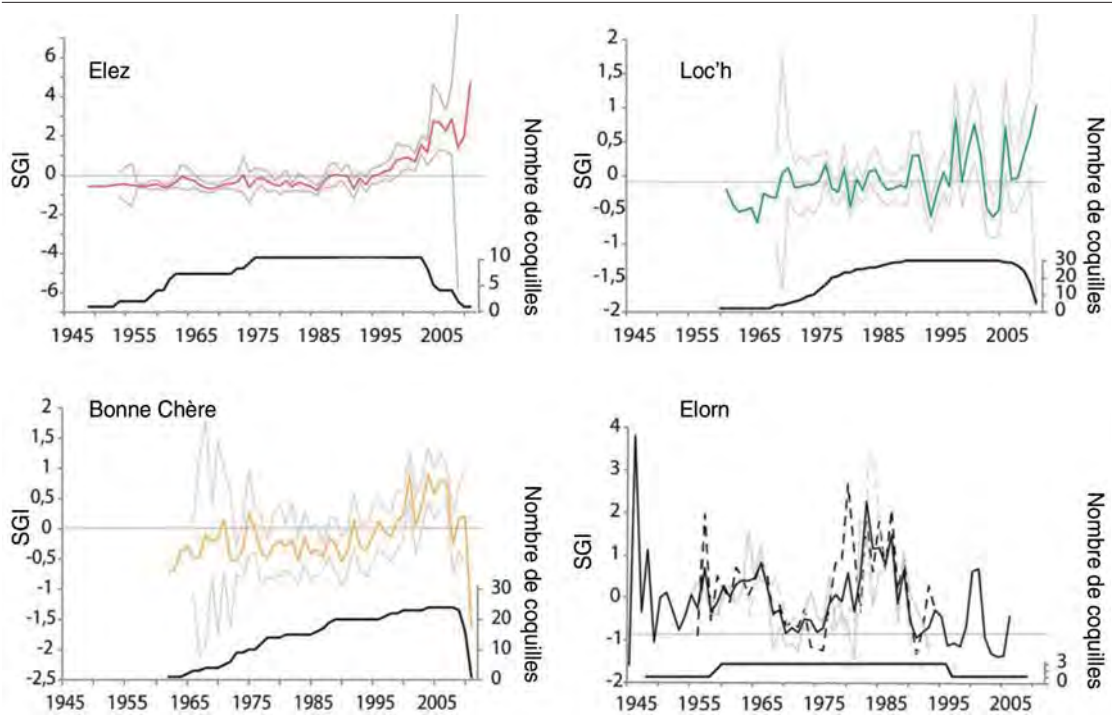
105,8 mm pour L_{∞} et de 0,069 an⁻¹ pour k , ce qui donne une valeur de ϕ' de 2,89 [Tableau 1]. À l'échelle européenne, ces valeurs vont de 2,51 (nord de la Finlande) à 3,02 (Irlande). Une relation inverse statistiquement significative a été trouvée entre la latitude et ϕ' ($r^2 = 0,67$, $p < 0,05$), tandis que ϕ' est positivement corrélé à la température de l'air ($r^2 = 0,8$, $p < 0,01$).

La chronologie moyenne des SGI des coquilles de l'Elez, du Loc'h et du Bonne Chère présente une phase négative



[3] Modèles de croissance de Von Bertalanffy pour 4 populations bretonnes, et pour l'ensemble de la Bretagne (tous sites confondus)

jusqu'en 1995-1996, suivie d'une phase positive. La population de l'Elorn présente, quant à elle, une phase négative entre 1968 et 1979, et deux phases positives sur les périodes 1946-1967 et 1980-1989 [4]. Les chronologies de l'Elez, de l'Elorn et du Loc'h sont positivement corrélées à la température de l'eau ($0,52 > r > 0,89$, $p < 0,05$). De plus, des corrélations positives ont été trouvées entre ces SGI et (i) la conductivité minimum de l'eau de l'Elez ($r = 0,88$, $p < 0,05$), et (ii) le débit moyen de l'Elorn ($r = 0,74$, $p < 0,001$).



[4] Chronologies moyennes des SGI avec leurs intervalles de confiance à 95 %. En ordonnée, le nombre de coquilles est utilisé pour construire la chronologie.

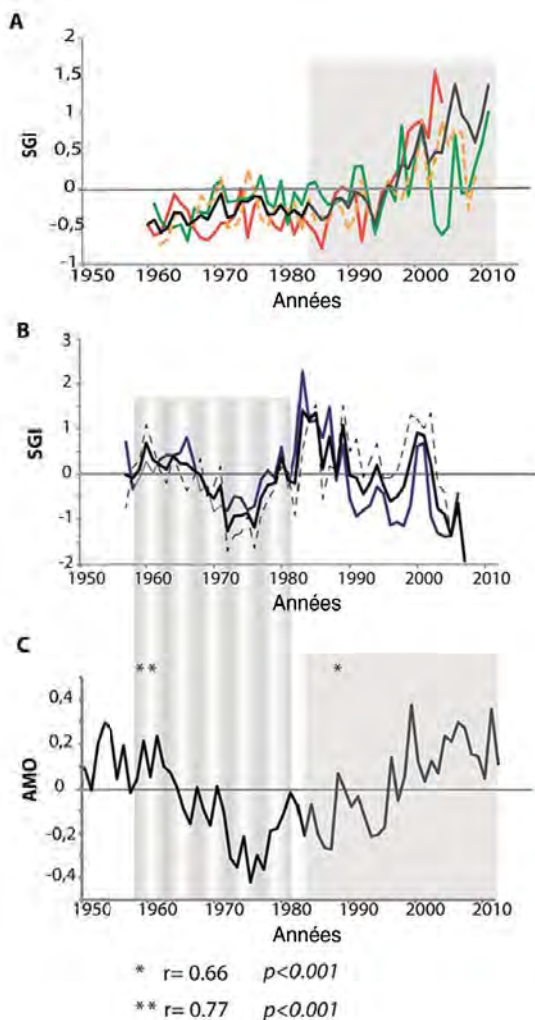
Les 5 populations peuvent finalement être classées en deux groupes selon la forme de leurs courbes de SGI, chaque groupe étant corrélé à une période donnée de l'AMO : (i) Elez, Bonne Chère et Loc'h [5a], et (ii) Elorn et Camfrout [5b]. Jusqu'au début des années 1980, une corrélation

forte ($r = 0,77$; $p < 0,001$) a été observée entre l'AMO et les SGI des coquilles de l'Elorn et du Camfrout [5c]. Par la suite, les profils de l'AMO et des SGI ne se suivent plus et l'AMO se retrouve alors mieux décrite par les SGI des coquilles de l'Elez, du Loc'h et du Bonne Chère ($r = 0,66$; $p < 0,001$).

Discussion

De précédentes études sur la croissance coquillière ont mis en évidence deux stratégies de croissance chez *M. margaritifera* le long du gradient latitudinal européen : une croissance forte au stade juvénile permettant d'atteindre rapidement la taille maximale (k élevé, faible L_{∞}), et une croissance plus faible mais plus longue permettant d'atteindre une taille maximale plus élevée (faible k , L_{∞} élevé) (Bauer, 1992). Ces deux stratégies pourraient être liées aux variations de température le long de ce gradient, avec une croissance plus forte au stade juvénile aux basses latitudes (température moyenne assez élevée) et une taille maximale plus élevée aux hautes latitudes (température moyenne plus faible). Les températures élevées conduiraient à une augmentation de l'activité métabolique et donc à une production carbonatée plus rapide. Les chronologies moyennes des SGI démontrent également que la température est le facteur environnemental affectant le plus la croissance coquillière dans les populations de l'Elorn, de l'Elez et du Loc'h. Toutefois, ces populations présentent des chronologies assez différentes, suggérant que les conditions locales telles que la qualité de l'eau pourraient aussi influencer la croissance.

La population de l'Elez est située entre l'excéntrale nucléaire de Brennilis et un barrage construit en 1936. Bien que la concentration en nitrates y soit un ordre de grandeur en dessous des valeurs de nombreuses autres rivières bretonnes, la concentration en chlorophylle *a* peut y atteindre des valeurs élevées ($6,25 \mu\text{g.l}^{-1}$). La nourriture y est donc assez abondante pour pouvoir assurer un métabolisme élevé et la concentration en nitrates suffisamment faible pour ne pas trop affecter la survie des mulettes, expliquant ainsi la forte valeur de k . La gestion du barrage a radicalement changé à la fin du siècle dernier afin d'avoir un débit de l'Elez moins variable et plus régulé. Cette régulation pourrait expliquer l'augmentation des SGI à la fin du XX^e siècle et l'absence de relation significative avec des oscillations climatiques comme l'AMO avant cette date.



[5] Chronologies moyennes classées en deux groupes :

A : Elez (rouge), Loc'h (vert), Bonne Chère (jaune) et courbe moyenne (noir) ;

B : Elorn (violet), Camfrout (pointillés) et courbe moyenne (noir) ;

C : Évolution temporelle de l'AMO entre 1950 et 2010 et corrélations entre cet indice et les SGI des deux groupes de populations.

Les chronologies de SGI des populations du Loc'h et du Bonne Chère présentent globalement la même tendance que celle de l'Elez, avec une augmentation au début des années 1990, en phase avec une augmentation de l'AMO. Toutefois, cette augmentation des SGI y est plus faible que sur l'Elez. D'autre part, la profondeur d'échantillonnage (« sample depth ») est assez faible avant 1970, mettant en doute la robustesse des chronologies de SGI avant cette date, et expliquant ainsi probablement le manque de relation avec l'AMO entre les années 1950 et le milieu des années 1970. Si l'on restreint les chronologies du Loc'h et du Bonne Chère à la période 1970-2010, une forte corrélation positive est alors observée avec l'AMO. Il est probable que les conditions locales dans ces rivières soient relativement favorables à la croissance des moules, et que ce soit principalement les variations climatiques qui contrôlent la croissance coquillière. Cette hypothèse est renforcée par la présence d'épisodes de recrutement de jeunes moules dans ces rivières.

Les chronologies des SGI de l'Elorn et du Camfrout présentent, quant à elles, des profils très différents de ceux des autres populations, avec une bonne corrélation SGI-AMO jusqu'au milieu des années 1980. Passée cette date, les SGI décroissent dramatiquement jusqu'à la fin des années 2000. Ce changement brutal pourrait être lié à des modifications de la concentration en nitrates dans l'Elorn au cours des 40 dernières années (de 5 mg.l⁻¹ vers la fin des années 1960 à près de 50 mg.l⁻¹ au milieu des années 1990). Les SGI retracent assez fidèlement les variations de l'AMO jusque dans les années 1980, quand la qualité de l'eau était encore relativement bonne, mais il est probable que les mauvaises conditions environnementales locales aient joué un rôle plus important que le climat sur la croissance coquillière passée cette date.

En conclusion, les chronologies de SGI construites à partir des coquilles de moules perlières peuvent être considérées comme de bons indicateurs pour la reconstruction des oscillations climatiques passées telles que l'AMO, du moins tant que les conditions environ-

nementales locales restent stables (par exemple, le débit des rivières) et dans les limites de tolérance écologique de l'espèce (par exemple, la concentration en nitrates). Si ces conditions ne sont pas respectées, alors les conditions environnementales locales exerceront probablement un contrôle plus important que le climat sur la croissance coquillière de *M. margaritifera*. ■

Bibliographie

BAUER G. 1992 – Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. *Journal of Animal Ecology*, 61, pp. 425-436.

COCHET G. 1998 – *Inventaire des cours d'eau à Margaritifera margaritifera en France*. Rapport Ministère de l'Environnement, Direction de l'Eau, 15 p.

GEIST J. 2010 – Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia*, 644, pp. 69-88.

PAULY D. & MUNRO J.L. 1984 – Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2, p. 21.

RYPEL A.L., HAAG W.R. & FINDLAY R.H. 2008 – Validation of annual growth rings in freshwater mussel shells using cross dating. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, pp. 2 224-2 232.

SCHÖNE B.R. 2003 – A "clam-ring" master-chronology constructed from a short-lived bivalve mollusc from the northern Gulf of California, USA. *The Holocene*, 13, pp. 39-49.

THÉBAULT J., SCHÖNE B.R., HALLMANN N., BARTH M. & NUNN E.V. 2009 – Investigation of Li/Ca variations in aragonitic shells of the ocean quahog *Arctica islandica*, northeast Iceland. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10 (12) : Q12008.

Julien THÉBAULT*, **Clémence ROYER**, **Aurélien JOLIVET** & **Laurent CHAUVAUD** : Université de Brest, Institut Universitaire Européen de la Mer, Laboratoire des sciences de l'environnement marin, Plouzané, France

* Auteur à contacter :

julien.thebault@univ-brest.fr

Pierre-Yves PASCO & **Marie CAPOULADE** : Bretagne Vivante – SEPNEB, Brest, France

Philippe MASQUELIER : Brest Métropole, Brest, France