

FAUNISTIQUE ET ÉCOLOGIE CHIMIQUE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES SUR SUBSTRATS DURS ET DES SÉDIMENTS DE LA BAIE DE CALVI (CORSE)

par CHARLES JEUNIAUX

SUMMARY

A research program on mediterranean benthos ecology going on in Calvi (Corsica) is presented. The first goal of this program is the characterisation of different benthic marine biocenoses by some chemical parameters, such as chitin, cellulose and total protein biomass. The fate of mollusc shell fragments in organoclastic sediments is then followed by the observation of ultrastructural modifications and by measuring the chitin degradation and the alteration of mineral constituents due to the activity of endobiotic organisms. A further aspect of this program is the study of a benthic community of 3 *Turritella* species and some cavernicolous Sipunculids and hermit crabs.

I. INTRODUCTION

Le but de cette note est de présenter les recherches conduites par les chercheurs de mon laboratoire à la Station de recherches océanographiques (STARESO) de l'Université de Liège à Calvi.

La baie de Calvi présente une configuration spécialement favorable pour l'étude d'un phénomène important en écologie marine : la formation des sédiments à partir de matériaux organiques et la transformation morphologique et chimique de ceux-ci.

En effet, la baie est une dépression en pente régulière recouverte de divers types de sédiments, dont certains sont constitués en grande partie par les débris d'organismes benthiques qui se sont développés sur le littoral rocheux qui borde la baie, et sur lequel s'abrite la station océanographique STARESO.

Cette situation est mise à profit par les chercheurs du Service de Morphologie, Systématique et Ecologie animales pour analyser en détail et suivre au cours du temps les relations qui existent entre les biocénoses benthiques sur substrats durs et la constitution des sédiments organodétritiques côtiers des étages infralittoral et circalittoral. Le but poursuivi est donc de mieux comprendre le fonctionnement de cette portion sédimentaire des cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote que représente le système « benthos — sédiment ». En particulier, on voudrait définir l'importance quantitative des polymères organiques habituellement très résistants à la dégradation chimique, comme la chitine, la cellulose et les scléroprotéines, et préciser le sort de ces substances dans l'environnement naturel après la mort des organismes. Ces substances représentent en effet une part importante de la matière organique des squelettes d'animaux et de plantes d'origine benthique, et ceux-ci alimentent la fraction organoclastique de certains sédiments. En fonction de la vitesse de biodégradation de ces polymères organiques, l'azote et le carbone seront

remis rapidement en circulation, ou, au contraire, s'accumuleront dans les sédiments. C'est tout spécialement le problème du cycle de la chitine, polysaccharide azoté très important dans le règne animal, qui est l'objet de nos recherches.

ENQUÊTE FAUNISTIQUE PRÉALABLE

Pour atteindre cet objectif, une bonne reconnaissance préalable des espèces constituant les biocénoses était évidemment indispensable, notamment pour pouvoir définir les biocénoses étudiées par leurs espèces caractéristiques et accompagnatrices. Cet inventaire est d'autant plus intéressant que la côte occidentale de la Corse est encore pratiquement idemne de pollution.

Sous l'impulsion de J. C. BUSSERS, qui assura la direction de toutes les missions collectives organisées par notre service, un « fichier documentaire » de la faune benthique a été minutieusement constitué. Chaque espèce de la macrofaune benthique fait l'objet d'une fiche illustrée, mentionnant les principaux caractères taxonomiques permettant de reconnaître l'espèce, et indiquant sa localisation précise dans un rayon de 20 kms autour de la Station STARESO. Ce fichier est accessible en permanence aux chercheurs qui séjournent à STARESO.

Plusieurs spécialistes belges ou étrangers nous ont apporté leur précieuse collaboration pour certains groupes systématiques, notamment Eric COPPEJANS (Gand) et Vincent DEMOULIN (Liège) pour les Algues ; Philippe WILLENTZ (Bruxelles) pour les éponges ; Jan GOVAERE (Gand) pour les Vers Polychètes ; C. FALCONETTI (Nice) et G. POPPE (Anvers) pour les Mollusques. Parmi les groupes dont l'inventaire faunistique a été réalisé par les zoologistes de Liège, citons principalement les Mollusques Gastéropodes et Bivalves (Ch. ARNOULD, M. F. VOSS-FOUCART, P. DAUBY, M. POULICEK), les Pycnogonides (J. C. BUSSERS), les Crustacés Décapodes (Ch. ARNOULD et Ch. JEUNIAUX), les Bryozoaires (C. RADERMACHER) et les Poissons (J. VOSS) (BUSSERS *et al.*, 1976 ; ARNOULD et JEUNIAUX, en préparation ; ARNOULD *et al.*, en préparation, GOVAERE, 1981, POULICEK et POPPE, 1981).

BIOMASSE ET PRODUCTION DE CHITINE

AU NIVEAU DE QUELQUES BIOCÉNOSES BENTHIQUES SUR SUBSTRAT DUR

Des observations répétées réalisées au cours de plongées en scaphandre autonome ont permis de reconnaître et de localiser les principaux types de biocénoses benthiques qui occupent les étages médiolittoral, infralittoral et circalittoral autour de la station STARESO. Les biocénoses ont été identifiées conformément au système proposé par PERES et PICARD (1964). Nous nous sommes surtout intéressés à deux types de biocénoses particulièrement bien représentées à Calvi : la biocénose à algues photophiles, (faciès à *Cystoseira stricta* et faciès à *Cystoseira crinita*) et la biocénose sciaphile des grottes semi-obscurées.

Dans le but de préciser la teneur en polymères organiques (chitine, cellulose, protéines) de ces biocénoses, la couverture biologique totale d'une série de surfaces de substrat dur est récoltée manuellement, en plongée.

Chaque surface échantillonnée, généralement de 0,040 m², est délimitée par un cadre métallique. Afin d'éviter la fuite éventuelle des organismes vagiles, la couverture biologique de la surface échantillonnée est préalablement « brossée » au moyen d'une suceuse à air comprimé, de conception originale, permettant de récolter le matériel aspiré dans un sac de nylon à mailles fines. Ce matériel comprend souvent

un grand nombre d'organismes vagiles (surtout dans le cas des biocénoses à algues photophiles) mais aussi des quantités variables de plantes et d'animaux sessiles. Après récolte de ce matériel par aspiration, le reste de la couverture biologique de la surface inventoriée est détaché par grattage au moyen de ciseau de menuisier, et récolté dans un second sac en nylon, à mailles plus grandes, au moyen de la même suçeuse.

Au cours d'une analyse sommaire de la composition floristique et faunistique, les Crustacés de taille appréciable (plus de 5 mm de long) sont triés et isolés afin de faire l'objet d'un dosage distinct, en raison de leur teneur en chitine particulièrement élevée et de leur participation souvent occasionnelle aux peuplements étudiés. Le reste du matériel est soit trié par groupes faunistiques, soit préparé en vue d'une analyse chimique globale. Dans ce cas, l'échantillon est lavé, séché à poids constant, broyé à l'aide d'un moulin broyeur « Ika-werk ». La poudre obtenue est utilisée pour la mesure du taux de calcification et du poids de matière organique, pour le dosage spécifique de la chitine par méthode enzymatique au moyen de chitinases purifiées (JEUNIAUX, 1965) et pour le dosage des protéines totales par une méthode adaptée d'après FOLIN-CIOCALTEU.

Les résultats obtenus jusqu'ici ne peuvent être présentés de manière détaillée dans cette note introductive. Signalons cependant que les résultats concernant la biocénose à algues photophiles, faciès à *Cystoseira stricta*, permettent d'évaluer l'importance relative des différents grands groupes zoologiques dans la constitution des biomasses brutes, des biomasses de matière organique et des biomasses de chitine (JEUNIAUX, BOUTIQUE et VOSS-FOUCART, 1979 ; VOSS-FOUCART, BUSSEERS, POULICEK, TOUSSAINT et JEUNIAUX, en préparation). En dehors des Crustacés Décapodes, ce sont les espèces fixées et encroûtantes qui contribuent surtout à la constitution des biomasses de chitine, principalement les Bryozoaires. Les organismes vagiles (notamment les petits Crustacés Isopodes, Amphipodes, Mysidacés, etc.), qui sont récoltés au moyen de la « suçeuse » représentent moins de 5 % de la biomasse totale de chitine. L'ensemble de la couverture biologique (sessile et vagile), à l'exclusion des Crustacés Décapodes, varie de 400 à 1075 mg/m².

Les Crustacés Décapodes de taille moyenne (plus de 5 mm de long) constituent une biomasse beaucoup plus variable, mais souvent très élevée : de 200 à 1807 mg/m² de surface prospectée, soit une moyenne de 568 mg/m² (8 échantillons). La biomasse de chitine fournie par les seuls Crustacés Décapodes benthiques (sans tenir compte des grandes espèces cavernicoles telles les Langoustes) vaut donc (ou dépasse) celle de l'ensemble des autres producteurs, dans ce type de biocénose infralittorale méditerranéenne.

Ces valeurs, les premières disponibles en écobiologie marine en ce qui concerne la chitine, serviront de point de comparaison pour l'étude comparée des caractéristiques chimiques des autres biocénoses benthiques méditerranéennes, et de point de départ pour une étude de la production de chitine dans ce type d'écosystème.

BIOMASSE ET PRODUCTION ÉPIBIOTIQUE DES HERBIERS DE POSIDONIES

On connaît l'intérêt considérable de l'étude des herbiers de posidonies pour comprendre le cycle du carbone et des nutriments en milieu marin méditerranéen. Ces herbiers ont également pour effet d'entraîner un accroissement considérable de la surface disponible pour la fixation et le développement de toute une biocénose benthique particulière : celle de la couverture épiphytique. Depuis 1980, une étude

analytique et quantitative de la couverture biologique des feuilles de posidonies a été entreprise. Les feuilles de posidonies croissant régulièrement à partir de la base pendant un cycle annuel, jusqu'à la chute automnale, l'analyse de l'importance quantitative du recouvrement épiphytique par tronçons de feuilles donne une estimation valable de la vitesse de production de protéines et de chitine au cours des saisons (MESUREUR, en préparation).

BIODÉGRADATION DE LA CHITINE ET DE LA CELLULOSE

La chitine et la cellulose, élaborées par les organismes les plus divers, ne peuvent être digérées que si les organismes qui les ingèrent possèdent la faculté de sécréter des hydrolases spécifiques au niveau de leur système digestif, ou s'ils hébergent des flores et faunes microbiennes symbiotiques spécialisées dans la digestion de ces polymères.

Nous avons étudié en détail la distribution et l'activité des hydrolases du système digestif chez les Crustacés Décapodes Pagurides ainsi que chez les Mollusques Céphalopodes, Gastéropodes et Bivalves. La grande majorité des espèces étudiées possèdent un arsenal enzymatique très diversifié, comprenant notamment des chitinases, cellulases, laminarinases, alginases, ainsi que toute une série d'oligosaccharidases, dont le siège et les modalités de la sécrétion ont été précisés (ARNOULD, 1981 ; ARNOULD et JEUNIAUX, 1982). Une étude expérimentale a permis de vérifier que le régime alimentaire des Crustacés Pagurides, loin d'être strictement carnivore, est largement omnivore et détritivore.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA BIODÉGRADATION DES COQUILLES DE MOLLUSQUES DANS LES SÉDIMENTS MARINS

Les biocénoses benthiques alimentent les sédiments en matériaux organoclastiques calcifiés. Il s'agit principalement de coquilles de Mollusques, d'ectocystes de Bryozoaires, et, dans une moindre mesure, de tests d'Echinodermes et de carapaces de Crustacés.

L'étude de la cinétique et des modalités de la dégradation des coquilles de mollusques au niveau des sédiments marins a été entreprise à Calvi par Mr. M. POULICEK (1). Le dispositif expérimental utilisé pour cette étude a été immergé par — 35 m de profondeur dans un chenal intermatte de l'herbier à Posidonies, à proximité immédiate d'un sédiment détritique côtier dans son faciès de fond meuble instable. Ce dispositif expérimental comporte toute une série d'échantillons de coquilles, ou de strates isolées, de poids connu, qui sont soit déposés en sachets de voile de nylon et enfouis dans le sédiment, soit exposés sur des cadres de plexiglas, à la surface du sédiment.

Des relevés périodiques effectués en plongée autonome permettent d'étudier, tant morphologiquement que chimiquement, les phénomènes concourant à la dégradation des coquilles de mollusques au cours des 18 premiers mois d'immersion. Les organismes endobiontes ont été révélés soit par examen microscopique de lames minces de coquilles, soit par examen des restes de trame organique après décalcification, soit encore après moulage des galeries par une résine synthétique, ce qui révèle leur organisation spatiale.

(1) Je remercie M. POULICEK, qui a rédigé le chapitre concernant les résultats, inédits, de ses travaux sur la biodégradation des coquilles de Mollusques.

Les trois premiers mois d'immersion représentent l'étape pionnière de la colonisation des coquilles. On observe successivement la formation d'un film bactérien et le dépôt de diatomées à la surface de tous les échantillons, et ceci en quelques heures seulement. Cette phase est suivie du dépôt des premières Cyanophycées, dont les perforations sont visibles dans le courant de la première semaine. Ensuite, et de manière plus aléatoire, on observe l'apparition de Chloro- et Rhodophycées épi- et endolithes. Après un laps de temps variable (de 20 à 60 jours) on observe l'apparition et la prolifération massive de champignons filamenteux perforants qui vont constituer l'essentiel de la biomasse endobionte ; ces champignons sont vraisemblablement des Oomycètes, et leur activité de perforation s'effectue le plus souvent au départ de perforations abondonnées par d'autres organismes, des Cyanophycées le plus souvent.

Au cours de la première année d'immersion, le poids de la matrice organique coquillière diminue régulièrement, vraisemblablement par dégradation par les bactéries et organismes endobiontes. La chitine fait partie de cette matrice. Celle-ci, outre le fait qu'elle diminue d'importance, s'appauvrit en chitine. L'ordre de grandeur de ces variations dépend de la microstructure coquillière considérée. Pour fixer les idées, dans la nacre de *Mytilus edulis*, 60 % de la chitine disparaît au cours des trois premiers mois d'immersion. Après un an, seuls 10 % de la chitine initialement présente subsistent.

Cette dégradation est certainement le fait des organismes hétérotrophes endobiontes, Oomycètes et bactéries chitinoclastiques essentiellement. En effet, la pellicule sous-corticale d'un élément de nacre immergé depuis 18 mois manifeste une activité chitinolytique non négligeable que l'on peut mettre en évidence tant par la technique histoenzymologique d'empreinte que par un dosage enzymatique (environ 80 µg de NAG libéré par heure et par gramme de nacre) (POULICEK *et al.*, 1981).

UN ASPECT PARTICULIER DU SORT DES COQUILLES DE MOLLUSQUES
DANS CERTAINS SÉDIMENTS :
LES TURRITELLES ET LES SIPONCLES CAVERNICOLES

Certains sédiments, qui contiennent très peu d'éléments coquilliers allogènes, hébergent une faune relativement peu diversifiée de Mollusques Gastéropodes. A la mort des mollusques, les coquilles vides peuvent être utilisées comme abris soit par des Pagurides, (« bernard l'hermite »), soit par des Siponcles cavernicoles. C'est surtout le cas des Turritelles. Une biocénose à Turritelles particulièrement riche et homogène a été découverte dans la baie de Calvi, et nous étudions sa structure et son évolution depuis 1975, en prélevant des échantillons par grappin Van Veen à partir du N.O. Recteur Dubuisson, et en contrôlant la validité des prélèvements par observations en plongée et récolte manuelle à — 40 m de profondeur.

Le sédiment détritique côtier du centre de la baie est remarquable par la macrofaune qu'il héberge, dont 95 % des individus vivants sont des Turritelles (3 espèces) ou des espèces cavernicoles habitant les coquilles de Turritelles mortes.

La proportion de Turritelles vivantes est relativement faible (12 % du nombre total de coquilles) ; le nombre d'abris pour espèces cavernicoles est donc particulièrement élevé (100 à 340 coquilles « mortes » par m²). La population du Siponculien *Aspidosiphon clavatus* atteint des densités numériques de 135 individus/m². Une espèce voisine, *Phascolion strombi*, est moins abondante.

Nos observations indiquent que la proportion de Turritelles vivantes tend à diminuer, tandis que le nombre de coquilles habitées par *Aspidosiphon clavatus* tend à augmenter.

CONCLUSIONS

Tous ces travaux n'ont pas seulement un intérêt fondamental, dans le cadre de la connaissance des mécanismes intimes qui conduisent l'azote protéique et chitineux ainsi que le carbone chitineux et cellulosique depuis la biomasse vivante jusqu'aux sédiments, et qui, par la biodégradation des matières organiques, assurent leur remise en circulation.

La production de cellulose et la production de chitine ne sont pas en effet sans intérêt économique.

Depuis quelques années, on commence dans certains pays à rechercher de nouvelles sources de chitine pour alimenter les industries chimique, pharmaceutique, textile, agroalimentaire, etc. notamment pour la fabrication de dérivés du type chitosane (MUZZARELLI et PARISER, 1978). Ces sources de chitine seront-elles trouvées en milieu marin ou terrestre, dans l'exploitation du benthos, du plancton ou des sédiments, ou dans les déchets des conserveries, ou encore dans l'aquaculture et la mariculture ? Une évaluation des sources potentielles de chitine a été tentée par divers auteurs (MURRAY et HATTIS, 1978 ; ALLAN, FOX et KONG, 1978). Seule, une étude quantitative et comparée de la biomasse et de la production de chitine permettra de fournir les données chiffrées sur la base desquelles on pourra évaluer la rentabilité d'une exploitation éventuelle, mais aussi prévenir toute surexploitation, dont les écologistes connaissent bien les dangers.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLAN, G. G., FOX, J. R. et KONG, N. (1978). — A critical evaluation of the potential sources of chitin and chitosan, in Muzzarelli and Pariser, ed., *Proceed. First Internat. Conf. Chitin-Chitosan*, MIT Sea Grant Program, publ. n° 78.7, p. 64-74.
- ARNOULD, Ch. et JEUNIAUX, Ch. (1982). — Les enzymes hydrolytiques du système digestif chez les Crustacés Pagurides. *Cah. Biol. mar.*, **23**, 89-103.
- ARNOULD, Ch. (1981). — Localisation par histoenzymologie des hydrolases du système digestif de quelques Mollusques Bivalves. *Arch. Zool. Exper. Gen.*, sous presse.
- BUSSEERS, J. C., ARNOULD, Ch., CHARDON, M., DESIÈRE, M., JEUNIAUX, Ch., VOSS, J. et VOSS-FOUCART, M. F. (1976). — Contribution à l'inventaire de la faune marine des fonds de la région de Calvi (Corse). *Soc. Roy. Sci. Liège*, **45**, 123-135.
- GOVAERE, J. (1981). — De polychaetenfauna van de baai van Calvi : enkele preliminaire resultaten. *Bull. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, **111**, sous presse.
- JEUNIAUX, Ch. (1965). — Chitine et phylogénie : application d'une méthode enzymatique de dosage de la chitine. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **47**, 2267-2278.
- JEUNIAUX, Ch., BOUTIQUE, R. et VOSS-FOUCART, M. F. (1979). — Importance quantitative de la chitine dans les biocénoses benthiques et les sédiments marins. *XIth International Congress Biochemistry, Toronto, Abstracts*, p. 686.
- MURRAY, A. E. and HATTIS, D. (1978). — Approaches to a practical assessment of supply and demand for chitin products in the U.S.A., in Muzzarelli and Pariser, ed., *Proceedings First internat. Conf. Chitin-Chitosan*, MIT Sea Grant Program, publ. n° 78.7, 30-45.
- MUZZARELLI, R. A. A. et PARISER, E. R. (1978), (ed.). — *Proceedings First Internat. Conf. Chitin-Chitosan*. MIT Sea Grant Program ; Massachusetts Institute of Technology, n° 78.7.
- PERES, J. M. et PICARD, J. (1964). — Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer méditerranéenne. *Rec. Trav. Station Marine Endoume*, **31**, 5-137.

POULICEK, M. et POPPE, G. (1981). — Contribution des coquilles de Mollusques à la constitution de la fraction organodétritique des sédiments marins en baie de Calvi (Corse, Méditerranée) : Étude faunistique préliminaire. *Bull. Soc. Roy. Sc. Liège*, **50**, 519-542.

POULICEK, M., JASPAR-VERSALI, M. F. et GOFFINET, G. (1981). — Étude expérimentale de la dégradation des coquilles de Mollusques au niveau des sédiments marins. *Bull. Soc. Roy. Sciences, Liège*, sous presse.

*Université de Liège, Institut Ed. Van Beneden
Laboratoires de Morphologie
Systématique et Écologie animales
et Station Océanographique
Stareso à Calvi (Corse)*