

Sur la formation de nacre et de perles

Prof. Dr. H.A. Hänni, FGA

SSEF Institut Suisse de Gemmologie, Falknerstrasse 9, CH - 4001 Basel, Suisse

RÉSUMÉ

Cet article regroupe des informations générales sur la formation des nacres et des perles telles que décrites dans la littérature. Il compare quelques principes avec les observations de l'auteur. Les nacres et les perles montrent en général la même structure ; elles sont toutes les deux formées par l'épithélium du manteau externe du coquillage. L'épithélium passe par trois stades de production : tout d'abord, il forme le périostacum puis du carbonate de calcium prismatique et enfin du carbonate de calcium tabulaire fin. Pour les perles fines, cet ordre est également respecté de l'intérieur vers l'extérieur de la perle. Pour les perles de culture, la formation de la nacre perlière repose sur la greffe d'un petit morceau d'épithélium. Celui-ci, une fois transplanté, suit son propre cycle biologique et précipite les produits qui constituent la nacre.

Les rapports entre les structures de perles fines, de perles de culture sans noyau et avec noyau sont comparées. La nomenclature conforme aux normes de la CIBJO est énoncée et son importance est soulignée, en annexe.

ABSTRACT

From various papers dealing with nacre and pearls, the formation can be related to the subsequent production of a) periostracum, b) columnar and finally c) tabular calcium carbonate (nacre) by the same outer mantle epithelium, in function of time. The same sequence of products can be found in natural pearls from the centre to the rim of the pearl. The transplantation of an epithelium graft to another animal or organ in the shell means that a micro chip brings the know-how of nacre forming to a place with no tradition of pearl forming. The graft grows to an entire pearl sac, shedding the product related to its age towards the centre. This article compares the structures in natural pearls, non-nucleated and bead nucleated cultured pearls in the light of the development of products of the mantle tissue. In an appendix, the CIBJO nomenclature rules for pearls are coarsely remembered and their importance underlined.

1. INTRODUCTION

Lorsque nous voulons comprendre la formation des perles, il est difficile de trouver une littérature gemmologique basique, qui s'appuie sur ses propres observations et recherches. Les résultats des recherches bio-

logiques publiés dans les ouvrages et les magazines spécialisés sont généralement, très complexes, scientifiques et ne traitent souvent qu'un aspect des thèmes intéressants des gemmologues. Ainsi, la théorie "des grains de sables" est souvent l'unique explication à la formation des perles, mais cette théorie ne satisfait pas l'auteur. En effet, pourquoi, un animal, qui vit au sol, dans l'eau, devrait-il rencontrer ce type de problème avec son environnement ? Comment un grain de sable passif, peut-il parvenir sous la peau, dans la profondeur du tissu ? Pourquoi trouve-t-on si peu de perles dans un milieu si riche en grains de sable ? Pourquoi les structures observées dans les différentes coupes transversales à travers les perles, ne sont-elles pas toujours identiques. De telles questions ont longtemps motivé l'auteur, qui a travaillé à leur résolution, dans l'espace interdisciplinaire, se situant entre la minéralogie et la biologie.

De cette façon nous avons pu constater avec étonnement, que maintes observations fondamentales publiées ne sont guères transcrites dans la littérature gemmologique. Parmi les nombreuses publications qui traitent de la formation des coquillages, des mollusques, de la stimulation de la formation des perles de cultures et de la description des processus et des produits, seul un nombre limité peut être cité ici. STRUNZ & WACHSEN (1978) ont déjà relevé cette lacune, plus particulièrement dans la littérature allemande. Le livre de TABURIAUX (1984) fait une contribution considérable au sujet. L'ouvrage de FARN (1984) traite pour la littérature anglaise le sujet d'une manière générale. DOUMENGE et al. (1991) ont publié une petite monographie sur les perles de cultures des mers du sud et les points essentiels de la formation de nacre. SCHOEFFEL, H. (1996) donne, dans un magnifique ouvrage en couleur, un aperçu précis des différents aspects de la matière des perles et des perles de culture. Ils existent quelques autres contributions au thème qui peuvent être conseillées (DIX, T.G. 1973; KOMATSU, 1987; GAUTIER & A JACQUES 1989; CUIF et al., 1994; FRITZ et al., 1994.) Le but de cet article est de regrouper les rapports essentiels de ces publications et présenter une synthèse avec les observations de l'auteur afin de contribuer à une meilleure connaissance sur le sujet en gemmologie.

2. COQUILLES CALCAIRES ET PERLES

Les coquillages et les escargots sont des mollusques qui protègent leur corps avec des coquilles calcaires. Celles-ci sont composées de carbonate de calcium ; elles montrent une structure cristalline qui est caractéristique pour les espèces. A part une partie organique la coquille est composée d'un ou plusieurs types de carbonate de calcium CaCO_3 . Il existe trois polymorphes de CaCO_3 : l'aragonite (orthorhombique), la calcite (trigonale) et la vaterite (hexagonale), (Mayer & Weineck, 1932). Les deux premiers polymorphes peuvent être présents en textures variables dans les coquilles calcaires (fibreuse, tabulaire, prismatique).

Des concrétions calcaires sont trouvées dans la plupart des mollusques à coquille calcaire. Elles peuvent être considérées comme la conséquence d'un dérèglement dans la formation normale d'une coquille. Toutefois, peu d'espèces possèdent la particularité de produire des concrétions en carbonate de calcium avec une surface irisée. Les concrétions sans cet éclat ne sont pas perçues avec le même intérêt que les perles avec orient. Il existe beaucoup de théories et de spéculations sur la cause de la formation des perles. Des blessures au tissu responsable de la formation de la coquille (épithélium du manteau) ou la pénétration par des parasites ou encore une croissance désordonnée pourraient être les causes d'une formation naturelle de concrétions de types perles (c.f. GÜBELIN, 1995). Par l'aspect de leur coquille, nous pouvons distinguer les mollusques à coquille nacrée et coquille porcelainée. Par analogie nous pouvons nous attendre à trouver des perles avec un éclat nacré (l'orient) ou porcelainé. L'orient de la



Fig. 1 : Les plaquettes d'aragonite sont en couches parallèles dans la coquille mais forment un espace concave fermé chez la perle. Coquille: *Pinctada Maxima*, Philippines.

matière perlée est due à la structure du matériel en fines couches parallèles de plaquettes d'aragonite et représente un phénomène d'interférence de la lumière. Les perles sans orient type porcelainées sont composées de fibres d'aragonite en disposition ordonnée. Les perles d'escargots comme la perle rose conche ou la perle jaune mélo en sont des exemples. La seule différence entre la nacre et la perle est la disposition des plaquettes d'aragonite. Dans la nacre elles sont en couches parallèles, tandis que dans les perles, elles sont en couches convexes concentriques (Fig. 1).

3. LE TISSU RESPONSABLE DE LA FORMATION DE LA COQUILLE

Une représentation générale de l'organe responsable de la formation de la coquille se trouve dans la littérature zoologique. Notre intérêt se porte essentiellement sur l'organe capable de former de la nacre. Chez les bivalves, la coquille est sécrétée par un tissu particulier : l'épithélium externe du manteau. Il fait face à l'intérieur de la coquille et y est fixé au bord intérieur. L'épithélium externe du manteau est l'organe qui forme la coquille. Une section transversale de la coquille permet une observation de la position de l'épithélium (Fig. 2).

L'épithélium du manteau situé à l'intérieur de la coquille est fixé à sa périphérie, il possède une surface interne (vers le corps mou de l'animal) et une surface externe (vers la coquille). Un tissu conjonctif sépare le tissu intérieur et extérieur. L'épithélium interne baigne dans l'eau qui remplit le coquillage et recouvre les organes internes de l'animal. Notre attention se porte tout particulièrement aux trois plis qui se situent au bord de la coquille ou se rejoignent

l'épithélium externe et interne. Un bourrelet externe forme le périostracum, une peau cornée qui donne souvent une teinte brunâtre au coquillage. Fig. 2 montre le bourrelet de l'épithélium du manteau externe d'où provient le périostracum, premier produit utile à la constitution de la coquille. Ce bord externe correspond à la zone de croissance ou survient l'extension de la coquille.

L'épithélium du manteau sécrète des liquides organiques qui permettent la formation du matériel utile à la construction de la coquille. C'est donc l'épithélium externe du manteau qui possède la capacité de former de la nacre. Le grain de sable souvent cité devrait donc pouvoir parvenir sous l'épithélium du manteau externe afin d'être entouré de nacre.

4. LA CROISSANCE DES HÛITRES

Les coquillages lâchent des œufs dans l'eau desquels vont sortir des larves. En nageant, elles vont chercher un endroit favorable pour se fixer au sol et former une coquille. Afin de nager, les larves doivent être légères et ne possèdent donc pas de coquille. Leur peau externe est de constitution cornée (périostracum). Le terme conchyoline est aussi employé pour déterminer ce matériel. Il est formé par l'épithélium du manteau qui d'abord contrôle la croissance puis le renforcement de la coquille. L'épithélium du manteau situé au bord de la coquille est le plus jeune. Son cycle productif passe d'abord par une phase de division cellulaire afin d'agrandir l'épithélium et de permettre ainsi la croissance de la coquille. Nous allons accompagner le développement d'une petite zone cellulaire de l'épithélium du manteau externe après la phase de division cellulaire qui est sa première fonction (Fig. 3a).

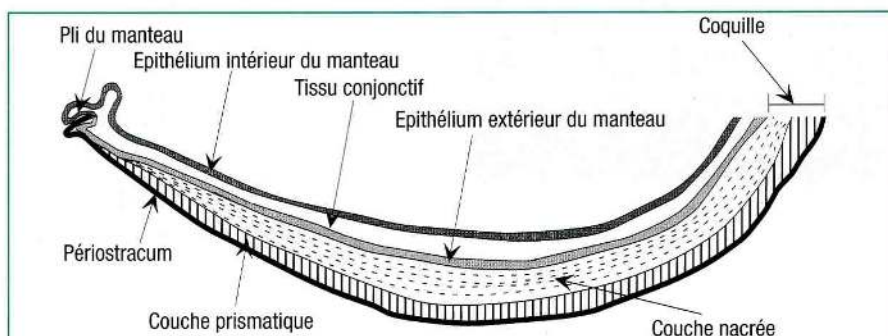


Fig. 2 : Coupe transversale schématique à travers la coquille avec une considération particulière pour les plis de l'épithélium du manteau se trouvant au bord du coquillage. L'épithélium du manteau externe couvre d'abord le domaine de croissance des tubules de calcite puis ensuite celui des plaquettes d'aragonite.

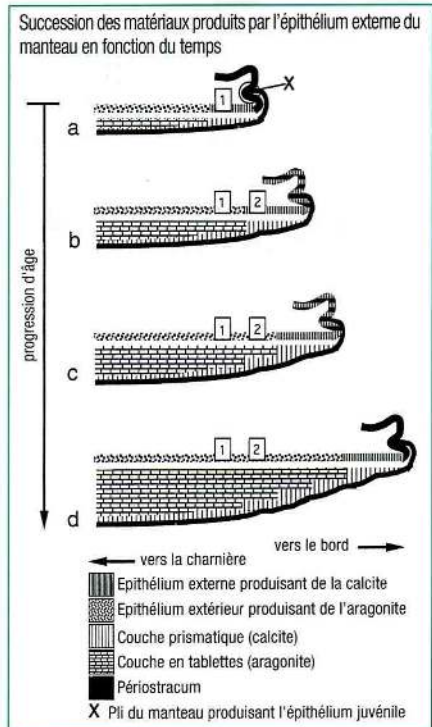


Fig. 3 : Coupe schématique transversale à travers des perles véritables, perles de cultures à noyau et sans noyau. D'après GUTMANN-SBAUER, 1992. Les quatre images de stades différents montrent la croissance de la taille et de l'épaisseur de la coquille.

Après la division cellulaire elle va remplir un devoir constructif. La zone cellulaire est maintenant responsable de la formation de la coquille ce qui veut dire qu'elle va produire vers l'extérieur la couche de conchyoline. Notre zone cellulaire maintenant ne se trouve plus à la périphérie extrême (Fig. 3b). Peu après, l'épithélium commence à se différencier et produit pour la première fois du carbonate de calcium. C'est donc un premier changement de matière produite par l'épithélium externe. Dans la plupart des coquillages marins la première phase de CaO_3 est sous forme de calcite prismatique. La couche conchyolitique est donc renforcée et la formation de la coquille peut proprement démarrer. Ce deuxième changement de la production - série conchyoline - prismes de calcite - peut être observé dans une coupe transversale du coquillage (Fig. 4).

Quelques espèces de coquilles des eaux froides préfèrent former en deuxième phase de l'aragonite en forme de prismes (PAYETTE; 1995). PAUTIER, 1989 présente une



Fig. 4 : La transition de la croissance des tubules au bord de la coquille vers une croissance des plaquettes d'aragonite vers l'intérieur. Les têtes des tubules sont reconnaissables à droite, la couche de nacre s'épaissit vers la droite. Le contenu en matière organique brune est visible dans le domaine des tubules de calcite. Coquille : *Anadonta Plicata*, Chine

autre variante de prismes de calcite dont la partie inférieure subit une autre transition. L'aragonite fibreuse continue de croître sur la partie finale des prismes pendant une petite phase de transition, jusqu'à ce que la formation de plaquettes d'aragonite domine.

Les prismes de calcite présentent une coupe transversale polygonale et ils sont étroitement placés l'un à côté de l'autre. Un tissu organique se trouve entre les cristaux ; il délimite et dirige la croissance des cristaux (protéine structurale). Les colorants naturels qui teignent le matériel en brun sont fixés dans cette phase organique (carotinoïde, porphyrine, ploysaccharide etc.).

Alors que l'épithélium a contribué au renforcement de la coquille par la formation de prismes de calcite, il s'est également étalé en surface sur ses bord externes et c'est ainsi qu'il agrandira la surface de la coquille. La zone cellulaire observée semble donc déplacé vers l'intérieur (Fig. 3c). L'épithélium du manteau passe alors dans sa troisième phase de changement de production. Il commence la formation de carbonate de calcium sous forme de plaquettes d'aragonite elle s'accroît, s'étend vers l'extérieur et la partie observée se retrouve de plus en plus à l'intérieur de la coquille. Pourtant la distance entre celle-ci et la charnière du coquillage reste identique (Fig. 3d).

Si nous demandions à cette zone observée ce qu'il lui est arrivé pendant sa vie, elle pourrait avec fierté répondre: "Je suis assis sur la totalité de mes produits. J'ai créé l'épaisseur totale de la coquille. Au début, j'ai formé le périostacum se situant tout à l'extérieur de la coquille; puis j'ai appris à construire des prismes en calcite, ce que j'ai fait pendant

un certain temps. Déjà en tant qu'épithélium âgé, j'ai commencé à former des plaquettes en aragonite, ce que je fais encore aujourd'hui". L'épithélium possède un programme génétiquement défini selon lequel il fabrique en temps voulu, les différents produits qui composent la coquille.

5. LA FORMATION DE NACRE

La question de la formation de nacre peut maintenant se poser. Beaucoup de publications scientifiques donnent des renseignements sur tous les aspects possibles de la formation cristalline de la nacre et sur la fonction des phases organiques qui règlent la croissance ainsi que l'ajustement latéral des plaquettes d'aragonite dans la texture structurale (c.f., par ex. WISE, S.W. 1970; WEINER, S., 1984; LOWENSTAM & WEINER, 1989). Il y est décrit que des macromolécules organiques (protéines structurales) influencent la formation des germes cristallins des prismes de calcite ou des plaquettes d'aragonite. Les germes cristallins se trouvent, pour ainsi dire, dans des fourreaux organiques qui se remplissent de carbonate de calcium et desquels se forment un monocristal fin. La phase organique détermine la croissance cristalline et développe la charpente qui va accueillir les "briques" élémentaires de la coquille. Le tissu organique qui se trouve entre les cristaux est souvent appelé conchyoline et s'apparente au périostacum. Il est difficile d'observer le tissu desséchée sur les photos du microscope à balayage électronique (MEB) à cause de la finesse structurale.

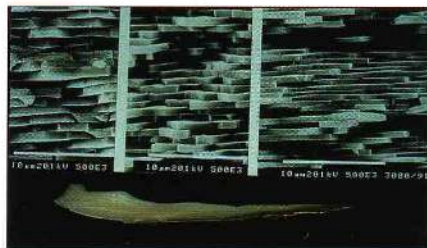


Fig. 5 : Coupe transversale à travers la coquille de *Pinctada Maxima* et prises de vues au microscope à balayage électronique (laboratoire REM de l'université de Bâle). Avec un agrandissement de X100, les plaquettes d'aragonites sont mesurables. Leur épaisseur augmente légèrement vers le bord de la coquille (droite) proche du fermoir. (s. GUTMANNBAUER, 1992).

La fig. 5 montre une coupe transversale à travers une coquille avec la structure habituelle

en briques de la nacre. Dans une étude sur la *Pinctada Margaritifera* de Tahiti, GAUTHIER et CASEIRO ont analysé la vitesse de croissance de la couche nacréée en ayant scié ou perforé des coquillages. A intervalles réguliers ils ont observé la zone cicatrisée et compté les plaquettes d'aragonite qui se sont formées. Ils trouvent un taux de formation d'environ 13 plaquettes par jour. Chaque plaquette a une épaisseur moyenne d'environ 480 nm (GAUTHIER, 1989; CASEIRO, 1993).

GUTMANNBAUER (1992), dans sa recherche morphologique, structurale et chimique, compare les différentes coquilles productrices de perles. Il montre aussi que les plaquettes individuelles d'aragonite ne sont pas mûlées mais se trouvent sous forme de monocristaux. Leurs axes cristallographiques sont ordonnés perpendiculairement à la surface de développement de la coquille, alors que les axes latéraux sont parfaitement alignés selon la direction radiale de la coquille. Les axes cristallographiques latéraux des cristaux sont aussi positionnés exactement parallèles l'un à l'autre. Dans une étude ultérieure GUTMANNBAUER (1993), analyse la structure très fine des plaquettes d'aragonite au moyen atomic force microscope AFM (Fig.6).

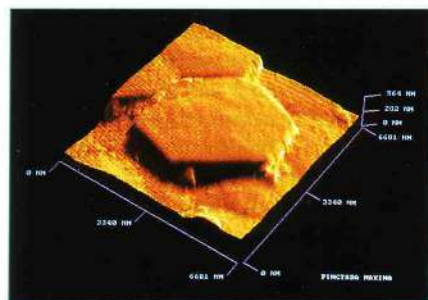


Fig. 6 : Image AFM de la surface d'une plaquette d'aragonite (*Pinctada Maxima*). L'observation de la surface au moyen d'un microscope puissant permet la représentation et la recherche en 3 D. dans l'ordinateur. Epaisseur des plaquettes d'aragonite 530 nm. Figure : W. GUTMANNBAUER & institut de physique de l'université de Bâle. Agrandissement des prises AFM 3500.

6. LA STRUCTURE DES PERLES FINES

Le paragraphe suivant est basé sur des observations effectuées sur des perles fines d'origine inconnue. Il faut donc le prendre comme une description générale. Une coupe transversale à travers une perle permet souvent de distinguer deux zones (Fig.7). Dans une zone interne des

prismes de carbonate de calcium sont disposés dans un arrangement radial. Le domaine est enveloppé de nacre en couches plus ou moins épaisses, ce qui correspond à du carbonate de calcium sous forme de plaquettes d'aragonite en disposition concentrique.

Dans la plupart des perles étudiées, les prismes ont été identifiés comme étant de la calcite. Les zones centrales sont fréquemment teintées en brun. Sur les radiographies X effectuées sur un collier de perles fines cette zone interne est reconnaissable à sa teinte plus sombre. On peut en déduire que la zone centrale contient plus de matière organique, elle est plus transparente aux rayons et noircit le film.

La couche nacréée des belles perles fines est prépondérante et forme le plus grand pourcentage volumique. Cette couche qui ressort plus claire sur l'image aux rayons X possède donc moins de matière organique. Les arcs concentriques qui se trouvent à intervalles irréguliers du centre et qui sont visibles aux rayons X, sont probablement des fissurations sèches très fines, comme il a pu être observé sur les échantillons coupés (Fig. 7). Ces structures sont parfois décrites comme correspondant à des zones riches en conchyoline. La couche nacréée interne des perles fines est le plus souvent orange, bien visible dans le trou de perçage et dans la coupe transversale. L'intensité de cette couleur diminue progressivement vers la périphérie de la perle.

Les structures observées sur une coupe trans-

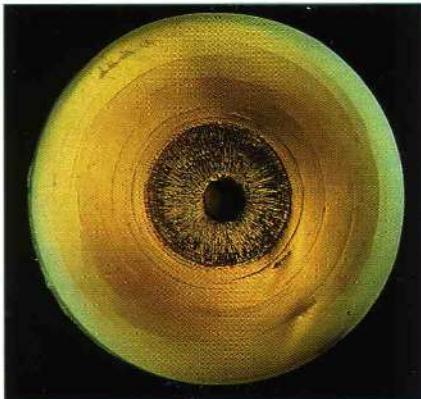


Fig. 7 : Coupe transversale à travers une perle marine véritable, avec au centre une perforation, puis une zone du noyau avec de la calcite radiale en rayons recouvert de nacre. La présence de tubules de calcite dans les perles véritables dépend du stade de production dans lequel se trouvait l'épithélium du manteau au moment de la stimulation.

versale dans une perle fine correspondent aux différents stades de la formation de la coquille, et reflète exactement la succession des produits de la coquille. La partie la plus ancienne de la perle, donc la partie la plus interne correspond à la partie externe des coquilles. Dans un nombre de perles, la même série, prismes de calcite-plaquettes d'aragonite, peut être trouvée. Nous pouvons donc déduire que la formation d'une perle fine souvent commence au stade initial de l'épithélium du manteau qui produit encore des prismes de calcite. Cela signifie que l'impulsion à la création est donnée au bord externe de la coquille. L'irritation qui déclenche la formation du sac perlier touche surtout les tissus juvéniles qui vont encore passer par deux stades de sécrétion de carbonate de calcium. L'épithélium du manteau externe se situe où les deux bords, les deux parties de la coquille se rencontrent lorsque celle-ci est fermée. L'irritation qui pourrait faire le départ de la perturbation dans la croissance, est-elle due à une blessure de l'épithélium dans cette zone exposée?

7. PERLES DE CULTURE

Il est maintenant clair que la faculté de former la nacre se trouve dans l'épithélium externe du manteau. Lorsque de petits morceaux de ce tissu épithélial sont greffés dans d'autres coquillages de la même ou d'une autre espèce (Fig. 8), ils constituent d'abord un sac perlier. Le côté externe de l'épithélium du manteau dirigé vers l'intérieur du sac. La première précipitation calcique est soit formée en calcite soit en aragonite, ceci dépend de l'âge du petit bout de l'épithélium. Dans beaucoup de publications en parties illustrées, il est décrit comment un lambeau de l'épithélium du manteau d'un coquillage sacrifié est coupé en petits carrés. Ces pièces sont les "microprocesseurs" qui contiennent le savoir faire nécessaire à la formation de nacre et qui le transmettent dans un lieu approprié. Pour procéder à l'opération l'huître sera légèrement ouverte afin d'accéder à cet endroit. De petites incisions sont pratiquées dans le tissu conjonctif du manteau pour les coquillages d'eau douce ou dans les gonades (cellules germinales) des coquillages marins. Elles permettent l'implantation du greffon. Pour la production de perles de culture un seul noyau accompagné d'un morceau d'épithélium est implanté par coquillage.

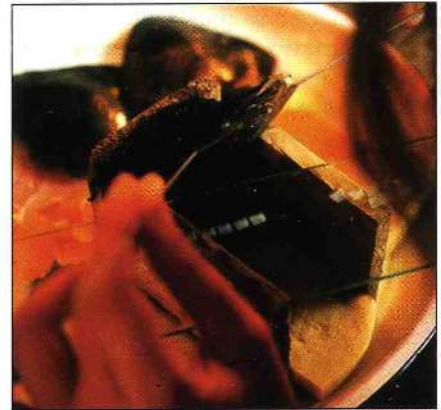


Fig. 8 : Préparation du morceau d'épithélium pour la création de perles de culture. Dans ce cas, les morceaux d'épithélium sont mis dans le tissu du manteau des huîtres d'eau douce d'environ 10 cm d'épaisseur afin de produire des perles de culture sans noyau (*Anadonta Plicata*).

Pour la production de perles de culture sans noyau jusqu'à 20 morceaux d'épithélium peuvent être introduits dans une coquille (par ex. *Anadonta Plicata*) (Fig. 9).

Il faut donc toujours un morceau d'épithélium avec ou sans noyau pour stimuler la formation

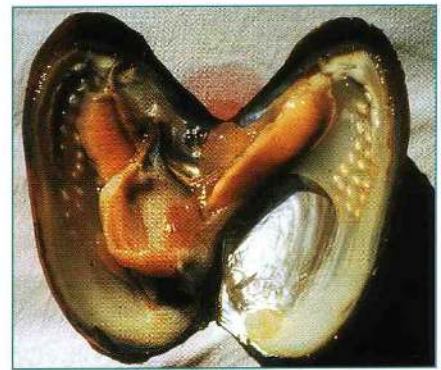


Fig. 9 : Une *Anadonta Plicata* Chinoise ouverte avec un épithélium du manteau arraché, dans lequel se trouve un nombre élevé de perles de culture sans noyau.

d'une perle de culture. Certaines publications américaines laissent croire à la possibilité d'une culture avec seulement un noyau sans morceau d'épithélium (comparer les termes "bead-nucleated" et "tissue-nucleated"). Le tissu, formant le sac perlier, se trouve toujours à l'extérieur de la perle de culture, et ne représente jamais le "nucleus", il en mourrait.

Afin de remplir son devoir il doit devenir une partie du sac perlier croître régulièrement et légèrement. Sur la face interne du sac perlier,

se forme d'abord un peu de substance organique puis une croûte en carbonate de calcium. Une cavité irrégulière est observable dans la coupe transversale, dans une perle sans noyau. Celle-ci est aussi reconnaissable sur les radiographies X et ressemble à des lignes ondulées qui se croisent. Cette zone interne dans la perle de culture sans noyau est fréquemment constituée de prismes de calcite et possède une forme peu ronde. Cette zone est recouverte d'une couche plus ou moins épaisse d'aragonite sous forme de nacre.

Tandis que les anciennes perles de culture sans noyau étaient reconnaissables à leurs formes baroques, en grain de riz ou en boutons, les perles de culture sans noyau actuelles sont de plus en plus rondes et grandes. Entre temps, nous opérons des coquillages de plus en plus jeunes et nous utilisons des morceaux d'épithélium de plus en plus petits. Les perles de culture sans noyau presque rondes et grandes (pouvant atteindre le cm.) posent de plus, en plus de problèmes à la détermination de leur authenticité. Pour la fabrication de perles d'eau douce voir JOBBINS & SCARRATT, (1990).

Pendant la fabrication des perles de culture à noyau (eau marine) une petite boule de nacre polie est implantée avec un morceau d'épithélium (c.f. par ex. GOEBEL & DIRLAM, 1989). Ce morceau est indispensable parce que lui seul possède la capacité de former de la nacre. Les boules de nacre seraient vite repoussées en tant que corps étranger. Pour que la production d'une perle à noyau soit possible, il est

important que le morceau d'épithélium soit positionné de telle façon que sa face productive (celle qui était dirigé vers la coquille) soit posée sur le noyau. Il y a différentes raisons à l'implantation de boules de nacre dans les gonades d'une huître cultivée. Tout d'abord, les gonades possèdent une grande capacité dans l'échange de matières ce qui permet une bonne nutrition des tissus et donc les gonades représentent un substrat approprié. Ensuite, les gonades se situent à l'intérieur de l'huître là où la croissance n'est pas gênée par la proximité de la coquille. L'implantation du petit morceau d'épithélium permet donc de transplanter la faculté de former de la nacre dans un organe qui ne possède pas cette capacité.

Enlever les perles cultivées des huîtres de culture ne signifie pas forcément tuer l'huître. Sur-tout pour les huîtres marines le prélèvement de la perle est effectuée d'une façon très délicate et l'animal se rétablit après un certain temps. Le sac perlier est réutilisé par un deuxième noyau du diamètre de la perle récoltée.

8. LES PERLES DE CULTURE KESHI

De temps en temps les perles opérées rejettent le nucleus de nacre. Toutefois le morceau d'épithélium reste en place et forme un sac perlier qui commence à produire du carbonate de calcium. Une croûte se forme sur sa surface interne. Une perle de culture sans noyau avec un espace central creux se forme. Dans le commerce, elles sont appelées Keshi. Cette expression est aussi utilisée pour les produits accidentels trouvés dans les huîtres domestiques. De petites blessures engendrées pendant l'opération ou pendant les soins portés à l'animal sont la cause de ces formations.

De temps en temps les perles opérées rejettent le nucleus de nacre. Toutefois le morceau d'épithélium reste en place et forme un sac perlier qui commence à produire du carbonate de calcium. Une croûte se forme sur sa surface interne. Une perle de culture sans noyau avec un espace central creux se forme. Dans le commerce, elles sont appelées Keshi. Cette expression est aussi utilisée pour les produits accidentels trouvés dans les huîtres domestiques. De petites blessures engendrées pendant l'opération ou pendant les soins portés à l'animal sont la cause de ces formations.

9. LA DÉTERMINATION GEMMOLOGIQUE DES PERLES

Le principal devoir de l'identification gemmologique consiste d'abord en un triage. Il faut en effet savoir distinguer les perles fines, les perles de culture et les perles d'imitation. (Fig. 10). Après une première observation au microscope qui permet d'écarter les perles d'imitation, on effectue une

radiographie X. La plupart des critères utiles à une identification sont bien reconnaissables sur de bonnes radiographies aux rayons X. La diffraction aux rayons X est un procédé pour démontrer la présence d'un noyau. Avec cette méthode nous ne pouvons généralement pas différencier les perles fines des perles de culture mais seulement démontrer la présence d'un noyau qui est construit par des couches parallèles d'aragonite. Il est souvent important de pouvoir définir la provenance eau douce ou eau marine de l'huître. Pour cela nous observons leurs éléments traces (Mn, Fe, Sr) ou leur fluorescence visible aux rayons X. Les perles d'eau douce possèdent une teneur plus élevée en manganèse, élément qui provoque une fluorescence vert-jaune.

Pour la détermination des perles on peut se baser sur les ouvrages de HÄNNI, 1982; LORENZ & SCHMETZER, 1985; FARN, 1990;. Le naturel de la couleur est un nouveau domaine important dans la détermination des perles (c.f. par ex. AKAMATSU & al., 1977).

REMERCIEMENTS

Je remercie A. Müller, Kobe, T. Frieden, Thun, B. Bolli, St. Gallen, B. Zalzman, Genève ainsi que Mme D. König, Papeete pour leur donations très généreuses en coquilles et perles; Dr. W. Gutmannsbauer (Bâle) qui dans le cadre de son travail de diplôme à activement participé au sujet, je lui dois les images AFM; M. Prof. R. Guggenheim et M. Düggelein, du laboratoire REM à l'université de Bâle qui m'ont rendu possible l'observation de beaucoup d'échantillons au microscope à balayage; T. Frieden, M. Hahn, R. Lauper, et H. Schöffel pour leurs apports sur la vie pratique des marchands de perles de culture; K. Schmocker et Jean-Pierre Chalain (SSEF) pour la traduction du texte original allemand.

ANNEXES

Reflexions sur la désignation des produits trouvés sur le marché

Malheureusement nous remarquons trop souvent une mauvaise utilisation des termes pourtant réglementés dans les magazines et les publicités. Ils devraient correspondre aux prescriptions de la nomenclature CIBJO (CIBJO 1997) qui a été imposée par les commerçants de perles. Ils accordent une grande importance à la confiance du

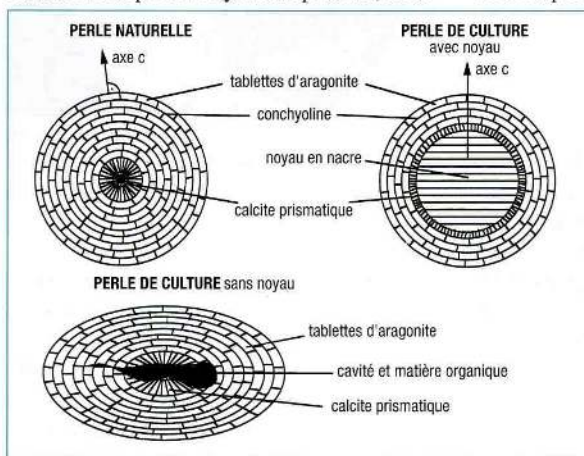


Fig. 10 : Schéma comparatif de la constitution des trois types de perles : perles fines, perles de culture avec noyau, perles de culture sans noyau (d'après GUTMANNBAUER 1992). Les imitations de perles ne sont pas présentées ici car elles ne sont pas produites par des coquillages.

consommateur, qu'ils obtiennent grâce à une transparence dans la description des produits.

Trois catégories principales sont définies pour l'identification des perles: perles fines, perles de cultures et imitations. Dans la nomination des produits un de ces trois termes devraient toujours être présent. La provenance ou le nom de production sont secondaires (par ex. perles de cultures des mers du sud au lieu de perles des mers du sud, perles d'imitation Majorica au lieu de perles de Mallorca). L'aperçu suivant devrait résumer les points essentiels.

Les perles fines sont formées par hasard sans manipulation humaine dans des huîtres sauvages. Les perles fines d'eau marine et les perles fines d'eau douce sont connues selon leur habitat. Des descriptions supplémentaires (couleur, forme et origine de l'huître) devraient seulement accompagner la description de l'identification (par ex. perles fines barroques, perles naturelles noires).

Les perles de culture sont créées par l'intervention humaine sur des huîtres d'élevage ou domestiques. Nous pouvons les différencier en perles de culture sans noyau, avec noyau et en doublets. (par ex. perles de cultures assemblées type Mabé). Les noms commerciaux comme Akoya, Biwa, Keshi devraient seulement être avec l'identification "perles de culture". Un rajout tel qu'eau marine ou douce, mers du sud, Tahiti, demi-perle est de moindre importance par rapport à l'identification "perle de culture". Sa vraie identité ne doit pas être cachée. Tous les traitements, sauf polissage et blanchiment, devraient aussi être indiqués, surtout la coloration.

Les perles d'imitations sont des produits industriels qui ne ressemblent en rien aux perles, si ce n'est visuellement. Elles n'ont aucun lien avec des coquillages ou de l'eau. Selon le produit, de petites boules de matériaux différents sont recouverts d'une substance laquée qui imite plus ou moins bien le lustre de la nacre. Des noms tels que "Majorica" devraient être accompagnés de l'identification "imitation". L'imitation ne devrait pouvoir porter le nom perle.

BIBLIOGRAPHIE

AKAMATSU, S., KOMATSU, H., KOIZUMI, C. & NONAKA, J. (1977):

A comparison of sugar composition in yellow and white pearls. - Bull. Jap. Soc. Fish., 43, 6, 773-777.

CASEIRO, J. (1993):

La nacre noir de Polynésie. Biominéralisation, paramètres et processus de croissance, effets chromatiques dans la coquille et la perle de Pinctada margaritifera. Doctorate Thesis at Claude Bernard University of Lyon, France.

CIBJO, (1997):

Diamonds, Gemstones, Pearls. International Confederation of Jewellery, Silverware, Diamonds, Pearls and Stones. 78A Luke Street, London EC2A 4PY.

CUIF, J.P., DAUPHIN, Y., STOPPA, C. & BEECK, S. (1993):

Forme, structure et couleurs des perles (de culture) de Polynésie. - Rev.Gemm. a.f.g., 114, p. 3-6, und 115, p.9-11.

DIX, T.G. (1973):

Histology of mantle and pearl sac of the pearl oyster Pinctada Maxima (Lamellibranchia). - J. malacological soc. Australia, 2, 365-375.

DOUMENGE, F., TOULEMONT, A. & BRANELLEC, J. (1991):

Les perles [de culture] des mers du Sud. La perle dorée des Philippines. - Monaco Musée Océanographique.

FARN, A.E. (1990):

Pearls - Natural, Cultured and Imitation. - Butterworth-Heinemann Gem Books. Oxford

FRITZ, M. BELCHER, A.M., RADMACHER, M., WALTERS, D.A. HANSMA, P.K., STUCKY, G.D., MORSE, D.E. & MANN, S. (1994):

Flat pearls from biofabrication of organized composites on inorganic substrates. - Nature, 371, 49-51.

GAUTHIER, J.P. & AJACQUES, J.M. (1989):

La perle au microscope électronique. - Rev.Gemm. a.f.g., 99, 12-17.

GOEBEL, M. & DIRLAM, D.M. (1989):

Polynesian black [cultured] pearls. - Gems & Gemology, Fall, XXV, 130-148.

GÜBELIN, E. (1996):

An attempt to explain the instigation of the formation of the natural pearl. - J.Gemm. 24, 8, 539-545.

GUTMANNBAUER, W. (1992):

Morphologische, strukturelle und chemische Untersuchungen an Perlmutter und Perlen einiger perlenbildender Muscheln. - Diploma Thesis, Min.-petr. Institut der Universität Basel, Switzerland

GUTMANNBAUER, W. (1993):

AFM provides new insight into biomineralization processes. - Topometrix Applications Newsletter, 93, 2, 5.

GUTMANNBAUER W. & HÄNNI, H.A. (1994):

Structural and chemical Investigations on shells and pearls of nacre forming salt- and freshwater bivalve molluscs. - J.Gemm. 24,4, 241-252.

HÄNNI, H.A. (1982):

Perlendiagnose mit Laue-Aufnahmen. - Z.Dt.Gemmol. Ges. 31, 131-142.

JOBBS, E.A. & SCARRATT, K. (1990):

Some aspects of pearl production with particular reference to cultivations at Yangxin, China. - J.Gemm. 22, 1, 3-15.

KOMATSU, H. (1987):

Einführung in die Perlenuntersuchung. - Zenkoku hōseikigaku kyōkai shuppanbu, Tokyo 1-24, in Japanisch

LORENZ, R.I. & SCHMETZER, K. (1985):

Möglichkeiten und Grenzen der röntgenographischen Untersuchung von Perlen. - Z.Dt.Gemm.Ges. 34, 1/2, 57-68.

LOWENSTAM, H.A. & WEINER, S. (1989):

On Biomineralization. - University Press, Oxford. **MAYER, F.K. & WEINECK, E. (1932):** Die Verbreitung des Kalziumkarbonates im Tierreich unter besonderer Berücksichtigung der Wirbellosen. - Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, 66, 199-222

PAYETTE, F. (1995):

Freshwater natural pearls from the Lac St. Jean area, Quebec. - in Gem News, Gems & Gemology Winter 280-281, Bericht über Referate von der IGC Konferenz, Rayong, Thailand

SCHOEFFEL, H. (1996):

Perlen - Von den Mythen zur modernen Perlenzucht. - Schoeffel-DuMont Buchverlag Köln

STRUNZ, H. & WACHSEN, G. (1978):

Perlen aus dem Fichtelgebirge. - Aufschluss, 29, 379-295.

TABURIAUX, J. (1983):

La perle et ses secrets. - Hemmerlé Petit & Cie, Paris

WADA, K. (1981):

Pearls. - J.Gemmol.Soc. Japan, 8, 151-158.

WISE, S.W. (1970):

Microarchitecture and mode of formation of nacre (mother-of-pearl) in Pelecypods, Gastropods and Cephalopods. - Eclogae Geol. Helvetiae, 63, 775-797.

PRUDENCE QUANT A L'UTILISATION DES APPAREILS !

Jean-Paul Poirot

“**E**tiam luxuriam adversus fraudes munitur decept” (les objets du luxe doivent eux aussi être protégés contre les fraudes). Ainsi s'exprimait Pline l'Ancien, vers 79 de notre ère, dans le livre 37 de son "Histoire Naturelle". Aussi nous explique-t-il comment reconnaître les gemmes, par la "pesée", c'est-à-dire la densité, par la "lime", c'est-à-dire la dureté (résistance à l'usure), par l'éclat, c'est-à-dire l'indice de réfraction, par les "vésicules" (bulles d'air) et les "filaments" (traces de fusion) qui se rencontrent dans les pierres fausses (verres) c'est-à-dire par les inclusions. Pline met aussi en garde contre les doublets ("on fait des sardonix en collant ensemble trois pierres de couleur noire, blanche et rouge"), les teintures ("il existe des recettes pour colorer le cristal de roche en émeraude"; "on métamorphose fallacieusement une vraie gemme en une autre"), les traitements ("les émeraudes qui naissent d'un vert inégal sont améliorées à l'aide de vinaigre et de vin"). Pline est donc en quelque sorte le fondateur de la gemmologie, en promouvant l'observation minutieuse pour l'étude des gemmes.

Les propos de Pline sont toujours d'actualité : les méthodes de détermination courantes sont encore celles qu'il préconisait, mais l'emploi de quelques appareils simples permet toutefois d'améliorer la qualité des observations, tout en introduisant cependant des causes d'erreur d'interprétation. L'usage de la loupe est général pour seconder l'œil, et cet accessoire permet déjà au joaillier-bijoutier d'être bien renseigné quant à l'objet qu'il examine ; encore faut-il ne pas confondre les accidents superficiels (poussières, rayures) avec la présence de tel ou tel type d'inclusion ... Le gemmologue précise alors ses premières observations en quantifiant l'éclat de la gemme par l'estimation de son indice de réfraction avec un réfractomètre : dès ce moment apparaissent des précautions à prendre quant au protocole d'utilisation, afin d'éviter une confusion entre réflexions parasites et réflexions recherchées. Dès ce moment doit intervenir le bon sens de l'observateur qui doit considérer si le résultat affiché est plausible ; dès ce moment existe la possibilité d'une interprétation abusive liant la lecture de l'indice de réfraction à une détermination univoque d'une espèce minérale (le lecteur est conscient des chevauchements de valeur d'indices de réfraction pour des espèces minérales fort différentes). Le polariscope et le dichroscope sont aussi sujets à précautions d'emploi et d'interprétation, mais leur bonne utilisation peut conforter la lecture du réfractomètre par mise en évidence, de l'isotropie-anisotropie, voire du caractère optique. Ainsi apparaît ici la prudence élémentaire consistant à s'assurer de la compatibilité des données fournies par divers appareils.

L'usage de la loupe binoculaire permet une observation commode des inclusions à des grossissements variant de 20 fois à 40 fois, voire 80 fois ; c'est devenu un indispensable complément compte tenu de

l'évolution des techniques. Mais là encore doivent être prises des précautions d'emploi (observer directement à grossissement 80 risque, compte tenu du champ alors réduit, de ne pas faire prendre en considération une inclusion qui aurait été immédiatement visible à grossissement 15); là encore faut-il prendre garde à des interprétations abusives, liant par exemple le faciès d'une inclusion à sa nature ...

Actuellement le bijoutier est de plus en plus conduit à compléter son information par l'observation de la réaction des gemmes sous les rayons ultraviolets (lesquels sont aussi, utiles lors de la vérification de l'authenticité des billets de banque) et par l'observation du spectre d'absorption au spectroscope à main. Si la gemme est dessertie, l'évaluation de la densité est un bon complément. Le joaillier doit éviter les tests de rayure, toujours risqués, même en prenant l'élémentaire précaution de ne tenter de rayer qu'un témoin, et jamais la pierre examinée (laquelle peut néanmoins être égrisée lors de l'expérience, notamment si la colette est utilisée pour le test). Une grande prudence d'utilisation est recommandée quant à l'usage des conductimètres, aussi bien thermiques qu'électriques, dont la faible précision risque d'entraîner de fâcheuses erreurs.

Le bijoutier-joaillier n'utilisant en pratique qu'une quinzaine d'espèces minérales (1), une quinzaine de pierres ornementales (2), une demi-douzaine de gemmes d'origine organique (3), auxquelles il convient d'ajouter quelques imitations et synthèses, et aussi quelques traitements, l'équipement sommaire précédemment évoqué devrait suffire, en examen de routine, à se déterminer dans au moins 90 % des cas, dans la mesure où l'observateur est suffisamment entraîné, et n'oublie pas de soumettre ses observations à un élémentaire bon sens. Les cas pour lesquels il serait imprudent de se prononcer sont alors relatifs aux gemmes de collection (4), aux gemmes dont l'aspect peu engageant risque de cacher un traitement dont la mise en évidence requiert des techniques "modernes", aux pierres sans particularités caractéristiques qui pourraient être des cristaux artificiels et dont la mise en évidence doit faire appel à des analyses particulières.

Ces "techniques particulières" font appel à la mise en évidence et à la mesure des phénomènes électromagnétiques situés hors du domaine visible le plus souvent, et parfois très discrets l'intensité de la diffusion Raman est un million de fois plus faible que celle de la diffusion Rayleigh, laquelle est responsable de l'aspect parfois légèrement girasol de certaines gemmes). Plus les phénomènes captés sont discrets, plus leur enregistrement est difficile et fait appel à des instruments volumineux qui amoindrissent les phénomènes "Parasites", et plus aussi leur interprétation est délicate. Les réponses attribuées à divers éléments (liaisons, interférence, atomes, ions ...) se superposent souvent, et un résultat qui n'est

pas critiqué - c'est-à-dire accepté en tenant compte de la manière dont il a été obtenu - peut conduire à de grossières erreurs qui auraient été évitées avec un peu de bon sens. Une machine donne toujours une réponse, d'autant plus dangereuse à utiliser sans esprit critique ("la machine a dit") qu'elle est généralement le résultat d'une première interprétation automatique, effectuée par un programme liant systématiquement le spectre enregistré au résultat affiché, sans évidemment éliminer les éventuels effets secondaires (mélange de raies de dispersion d'énergie et de raies d'interférence, etc.). A l'expérimentateur de vérifier si la réponse de l'appareil est acceptable, compte tenu des phénomènes enregistrés et de la manière dont fonctionne l'appareil (à quoi correspond le spectre enregistré ? Quel phénomène est en jeu ? D'autres vibrations, d'autres interférences ont-elles provoqué de fâcheuses perturbations de l'enregistrement ?) : le recours inconsidéré aux "techniques modernes" peut conduire à des interprétations erronées conduisant à un "résultat" surprenant, voire à des contrevérités. Il ne faut jamais se laisser impressionner par la complexité et l'informatique volumineuse associée d'un appareil, aussi perfectionné puisse-t-il paraître. Attention aux résultats "quantitatifs" des spectromètres classiques, des spectromètres infrarouge à transformée de Fourier, des spectromètres à effet Raman, de la microscopie électronique, de l'analyse de dispersion d'énergie (en rayons X ou gammas) provoquée par des rayons X ou par des particules, des "microsondes" diverses, des spectrométries de masse sur de micro prélèvements, des résonances magnétiques nucléaires...

Lorsque les réponses obtenues à l'aide des "techniques avancées" ont ainsi été établies de manière fiable (et sont notamment reproductibles), encore faut-il pouvoir les utiliser avec fruit. A quoi bon par exemple connaître la composition chimique d'une gemme à quelques p.p.m. parties par million) de précision, si une étude systématique de divers gisements et synthèses n'a pas été auparavant conduite afin de permettre des comparaisons valables ? Les résultats fournis sur une gemme doivent pouvoir être comparés à des bases de données fiables et suffisamment importantes (c'est déjà le cas pour l'usage du réfractomètre bien connu des gemmologues). Seules peuvent être retenues les données publiées dont sont connus le protocole et la technique d'acquisition ; c'est pourquoi de nombreux laboratoires constituent leur propre base de données dont le mode d'acquisition est alors bien connu, ce qui leur permet des comparaisons plus fiables.

Il ne faut en outre jamais oublier que l'utilisation d'une seule technique - fut-elle la plus moderne - ne permet que rarement d'obtenir une réponse valable : un faisceau d'observations passées au crible du bon sens est toujours nécessaire, quelque soit le niveau des techniques utilisées.

(1) Diamant, Corindons, Béryls, Quartz, Tourmaline, Topaze, Spinelle, Péridot, Grenat, Chrysobéryl, Spodumène, Cordiérite, Zoïsite, Zircon

(2) Jade néphrite, Jade jädéite, Serpentine, Agates et Calcédoines, Turquoise, Lapis-lazuli, Sodalite, Fluorite, Feldspaths, Zoïsite, marbres, Azurite Malachite, Opale, Albâtre, Hématite, Pyrite

(3) Perle de culture, Perle fine, Ambre, Corail, Nacre, Jais, (Ivoire), (Ecaïlle) (4) Tout cristal gemme, comme Apatite, Amblygonite, Disthène, Euclase, etc.