

Détérioration des collections de coquilles

causes, conséquences et traitement

Roland De Prins

Traduit par Elhabib Rour



Abc Taxa

une Série de Manuels
Dédiés aux Renforcements
des Capacités en Taxonomie
et en Gestion des Collections



Produit avec le soutien financier de la
Direction générale de la Coopération
au Développement, Belgique

Editeurs

Yves Samyn – Zoologie (non africaine)

Point Focal Belge pour l'Initiative Taxonomique Mondiale
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
Rue Vautier 29, B-1000 Bruxelles, Belgique
Yves.samyn@sciencesnaturelles.be

Didier VandenSpiegel – Zoologie (africaine)

Département de Zoologie africaine
Musée royal de l'Afrique centrale
Chaussée de Louvain 13, B-3080 Tervuren, Belgique
dvdspiegel@africamuseum.be

Jérôme Degreef – Botanique

Point Focal Belge pour la Stratégie Globale pour la Conservation des Plantes
Jardin botanique national de Belgique
Domaine de Bouchout, B-1860 Meise, Belgique
Jerome.degreef@br.fgov.be

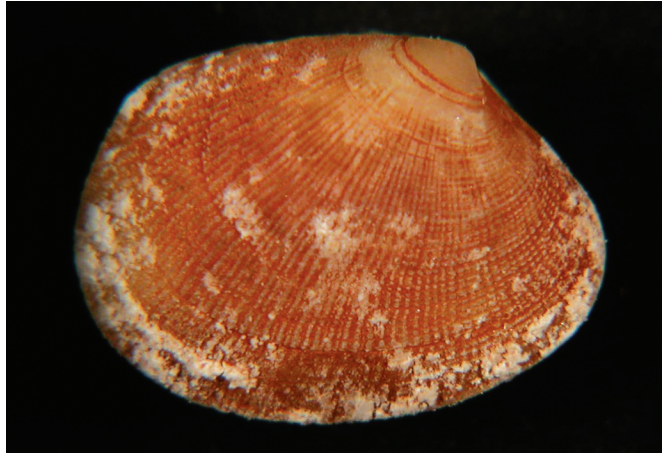
Instructions aux auteurs

<http://www.biodiv.be/abctaxa>

ISSN 1784-1283 (hard copy)
ISSN 1784-1291 (on-line pdf)
D/2007/0339/3

Détérioration des collections de coquilles

causes, conséquences et traitements



par

Roland De Prins

Département des Invertébrés
Section Malacologie
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
Rue Vautier 29, B-1000 Bruxelles, Belgique
Email: roland.deprins@belgacom.net

traduit par

Elhabib Rour

Département de Biologie
Faculté des Sciences
Université Moulay Ismail
BP 4010 Béni M'Hammed Meknès, Maroc
Email: rour@fsmek.ac.ma ou elhabib.rour@caramail.com

Préface

Bien que les problèmes de détérioration des collections de coquillages soient rarement reconnus, ils doivent néanmoins être sérieusement pris en compte car tous les collectionneurs et conservateurs y seront tôt ou tard confrontés.

Personnellement, j'ose déclarer qu'aucune collection conchyliologique à travers le monde, n'est épargnée de l'un ou l'autre type de détérioration.

Ce travail est le fruit de mes propres investigations. La nécessité de préserver ma collection, souffrant de différentes formes de détériorations connues, mais aussi d'autres moins évidentes, fut pour moi le déclic.

Je ne prétends pas être exhaustif, bien des questions pourraient encore nourrir des pensées, des débats, et des études supplémentaires. Néanmoins, je pense que je suis en mesure de présenter un aperçu général des différents types de détérioration, et de proposer des traitements et des mesures de précaution. Je suis parfaitement convaincu que les collectionneurs trouveront, dans le présent travail, réponse à certaines de leurs questions précises.

Ceci m'a permis de réaliser que tout ce que la nature nous a offert est transitoire, puisqu'il est condamné à s'éteindre tôt ou tard. Notre intervention se limite à retarder ce processus, aussi longtemps que possible, pour permettre aux générations futures d'apprécier les formes, les couleurs et les beautés que la nature nous a généreusement procurées.

Roland De Prins

Sommaire

1.	Structure et composition chimique des coquilles	1
1.1.	Le périostacum (matériel organique)	1
1.2.	L'ostracum (matériel inorganique).....	1
1.2.1.	Couche des prismes (calcite)	1
1.2.2.	Couche à nacre (aragonite).....	2
1.3.	L'opercule, une autre structure dure	2
2.	Causes de détérioration	2
2.1.	Milieu acide.....	2
2.1.1.	Bois et produits dérivés	3
2.1.2.	Réactions chimiques	4
2.1.3.	Les genres de bois et leur degré de nocivité	8
2.1.4.	Influence de la manipulation manuelle.....	9
2.2.	Influence de l'humidité en milieu acide	11
2.3.	Relation entre humidité atmosphérique et dioxyde de carbone.....	12
2.4.	Les détériorations occasionnées par les champignons	14
2.5.	Les détériorations occasionnées par les insectes.....	16
2.6.	Les détériorations occasionnées par la lumière.....	20
3.	Comment reconnaître les détériorations au sein de sa propre collection?	23
3.1.	Les détériorations causées par un environnement acide	23
3.2.	Les détériorations causées par les champignons	32
3.3.	Les détériorations causées par les insectes	35
4.	Comment traiter les spécimens détériorés ?	36
4.1.	Les détériorations causées par un environnement acide	36
4.2.	Les détériorations causées par les champignons	37
4.3.	Les détériorations causées par les insectes	37
5.	Mesures de précaution	37
6.	Conditions optimales	43
7.	Informations complémentaires	46
7.1.	Les huiles	47
7.1.1.	Les huiles minérales (non dissolubles dans l'eau).....	47
7.1.2.	Les huiles naturelles (miscibles dans l'eau).....	47
7.1.3.	La glycérine	48
7.1.4.	Les silicones	48
7.1.5.	Les huiles parfaitement adaptées pour les coquillages	48
7.2.	Coton et autres fibres textiles.....	49
7.2.1.	Les fibres naturelles	49
7.2.2.	Les fibres artificielles	49
7.2.3.	Comment reconnaître les différentes fibres ?	49
7.2.4.	Types de cotons	50

7.2.5.	Alternatives.....	51
7.3.	Le plastique.....	51
7.3.1.	Interprétation élémentaire.....	52
7.3.2.	Quelques types de plastique.....	52
7.3.3.	Les plastiques à éviter.....	53
7.3.4.	Les plastiques à utiliser.....	53
7.4.	Peintures et vernis.....	53
7.5.	Absorbants.....	54
7.6.	Identification des acides organiques volatiles et du formaldéhyde.....	54
7.6.1.	Test d'Oddy (Oddy, 1973).....	55
7.6.2.	Test avec les ions iodure-iodate (Feigl, 1954).....	55
7.6.3.	Test avec l'acide chromotropique (West & Sen, 1956).....	55
8.	Conclusion.....	56
9.	Références.....	57
10.	Remerciements.....	59
11.	Au sujet de l'auteur et du traducteur.....	60

1. Structure et composition chimique des coquilles

La coquille de la plupart des mollusques est constituée de: (i) un matériel organique d'environ 10%, appelé le périostracum et (ii) un matériel inorganique d'au moins 90% (CaCO_3 , Si, Mg, Fe, Ba, et autres), appelé ostracum (Fig. 1).

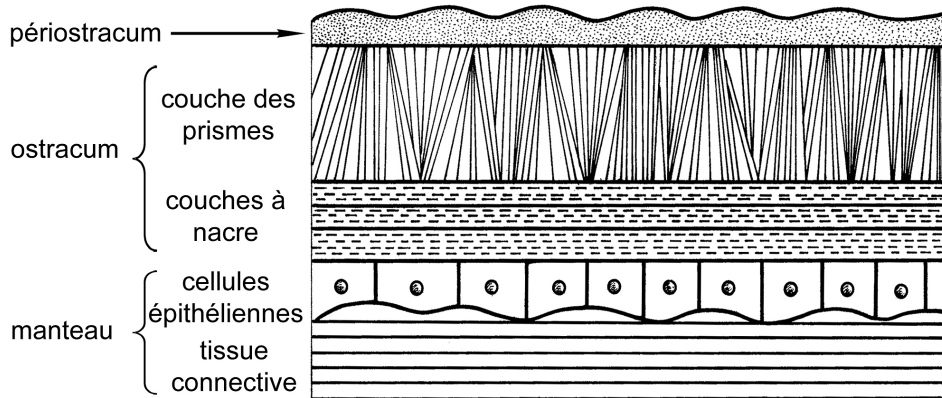


Fig. 1. Structure générale des coquilles.

1.1. Le périostracum (matériel organique)

Un mucus particulier est sécrété par des cellules spécialisées, situées près du bord du manteau. Ce mucus est une combinaison d'albumines, qui s'étalent le long de l'extérieur de la coquille et durcissent dans la **conchyoline**, substance azotée à consistance cornée, similaire à la chitine qui forme l'exosquelette des insectes et des crevettes, par exemple.

Le périostracum protège la coquille contre la corrosion et contre bien d'autres types de détérioration quand la coquille est dans l'eau. Chez certaines espèces, il fait toutefois défaut. C'est le cas notamment chez les Cypraeidae où les bords latéraux du manteau se rejoignent dorsalement pour recouvrir la coquille.

1.2. L'ostracum (matériel inorganique)

Principalement constitué de CaCO_3 , l'ostracum contient une faible quantité de conchyoline. Les acides aminés qui y sont présents permettent d'observer la calcification à la surface de la matrice de conchyoline. C'est ainsi que les éléments calciques sécrétés par les cellules de l'épiderme se cristallisent.

L'ostracum est constitué de deux couches, la couche des prismes et la couche à nacre, chacune caractérisée par la nature de ses cristaux.

1.2.1. Couche des prismes (calcite)

La couche des prismes est la couche externe de l'ostracum, située directement, quand il est présent, sous le périostracum. Elle est formée par des prismes de

calcite orientés orthogonalement à la surface de la coquille, la calcite étant la configuration la plus stable du CaCO_3 .

Chez les bivalves, la couche des prismes constitue souvent la couche la plus épaisse.

1.2.2. Couche à nacre (aragonite)

La couche à nacre, qui est la couche la plus interne, est formée de très minces feuillets d'aragonite, disposés parallèlement à la surface de la coquille et séparés les uns des autres par de fines couches de conchyoline. Les rayons lumineux réfléchis par ces feuillets provoquent l'irisation caractéristique de la nacre. Dans les conditions atmosphériques l'aragonite n'est pas stable et a tendance à se transformer en calcite, forme la plus stable de CaCO_3 .

Note: Les coquilles des Cypraeidae, des Olividae, et de certaines autres familles de mollusques sont uniquement constituées d'aragonite. Le CaCO_3 y est alors associé à une protéine fibreuse pour constituer des cristaux en aiguilles, prenant différentes orientations pour former des couches entrecroisées, offrant à la coquille une rigidité renforcée.

1.3. L'opercule, une autre structure dure

L'opercule, constitué de conchyoline et/ou de calcaire, est souvent présente chez les gastéropodes prosobranches. Par exemple, chez les espèces des genres *Turbo* et *Natica*, l'opercule est particulièrement calcifié. L'opercule calcaire provient de sels de calcium qui se cristallisent sur une mince couche de périostracum qui sert de catalyseur.

2. Causes de détérioration

2.1. Milieu acide

George Byne, fut le premier à signaler qu'une enceinte acide est l'une des causes majeures de la détérioration des coquilles qu'elle contient. Suite à l'observation de spécimens recouverts de poudre blanche, il a émis des conclusions, qui, désormais, apparaissent dans leurs majorités incorrectes. George Byne pensait en effet que la détérioration était causée par des bactéries qui seraient passées d'une coquille à l'autre, à la manière d'une maladie infectieuse, d'où le terme de « maladie de Byne », terme encore utilisé de nos jours. Il a aussi constaté que seules les coquilles des espèces marines sont sujettes à ce type de détérioration, alors que celles des espèces terrestres ou dulçaquicoles y échappent. Les conclusions de Byne seront plus tard rejetées par des travaux plus minutieux (Nicholls, 1934; Tennant & Baird, 1985), qui montrent que la poudre blanche n'est autre que de l'acétate de calcium, du formate de calcium ou un mélange des deux. Ce type de détérioration peut surtout être observé quand les coquilles sont conservées dans des boîtes en chêne.



Le chêne, comme beaucoup d'autres essences de bois, produit en effet des vapeurs acides par désintégration naturelle de la cellulose. Ces acides réagissent avec le carbonate de calcium de la coquille pour former des sels, sous forme de poudre ou de cristaux, qui se déposent à sa surface (Fig. 2).

Réactions chimiques et formation de sels seront discutées plus en détail au point 2.1.2.

Fig. 2. *Conus geographus* Linnaeus, 1758. Coquille affectée par la « maladie de Byne » .

2.1.1. Bois et produits dérivés

Le *bois naturel* est le bois utilisé sans traitement préalable dans l'industrie des meubles et recouvert, dans la plupart des cas, d'une fine couche de vernis ou de cire (offrant peu ou pas de protection contre les acides). Les *produits dérivés du bois* sont les panneaux et les autres produits à base de bois ou de fibres de bois.

Bois naturel

Le bois naturel contient des quantités plus ou moins importantes de tannins, qui jouent un rôle primordial dans la protection contre les parasites. Les tannins possèdent la caractéristique de bronzer la peau des animaux en se combinant aux albumines, conférant ainsi aux collagènes une résistance à la solubilité dans l'eau. Ces composés contiennent divers groupements phénoliques, ce qui les rend toxiques et corrosifs.

Par ailleurs, le bois dégage lentement des vapeurs acides suite à la désintégration naturelle de la cellulose, un procédé qui peut s'étaler sur des siècles! Une étude a montré qu'un noyau de chêne dans une statue de plomb datant du huitième siècle av. J.-C., continuait à produire des quantités assez importantes de vapeurs acides même après presque 3.000 ans! L'idée que le bois s'arrête de libérer des vapeurs acides quand il est relativement vieux, est donc fausse.

Toutes les essences ne sont cependant pas sur un pied d'égalité quant à leur nuisance: certains bois ne dégagent que de faibles quantités de vapeurs acides

et sont donc moins nuisibles. Ce sont les bois qui dégagent le plus de tannins qui semblent être les plus suspects.

Une liste des différentes essences avec leur degré de nocivité est présentée au paragraphe 2.1.3

Produits dérivés

Les panneaux sont constitués de déchets ou de fibres de bois, agglomérés avec de la résine. Celle-ci contient souvent du formaldéhyde, et constitue de ce fait un véritable danger pour les collections de coquilles. Le formaldéhyde, dégagé sous forme de vapeurs, s'oxyde en effet en acide formique.

Les quantités dégagées de formaldéhyde en fonction du type de panneau sont représentées dans le tableau suivant (Tab. 1):

type de panneau	type de résine, si présent	quantité dégagée de formaldéhyde
multiplex	PF/UF	++
OSB	PF	++
aggloméré	MF/UF	++++
MDF	MF/UF	++++
dur	Lignine	+
latté	UF	+++

Tab. 1. Différents types de panneaux et leurs propriétés. PF = phénol formaldéhyde; MF = mélamine formaldéhyde; UF = uréum formaldéhyde; + = dégagement nihil à très faible; ++ = dégagement faible; +++ = dégagement moyen; ++++ = dégagement important.

Les différents types de panneaux sont représentés dans la figure 3.

2.1.2. Réactions chimiques

Vapeurs acides libérées par le bois

Les deux principaux acides à l'origine de l'altération des coquilles sont l'acide formique et l'acide acétique. Ces deux acides font partie des acides carboxyliques, porteurs d'un groupe carboxyle. En réaction avec une base, le résidu acide qui se forme est un sel qui se dépose à la surface de la coquille sous forme de poudre ou de cristaux (Fig. 4).

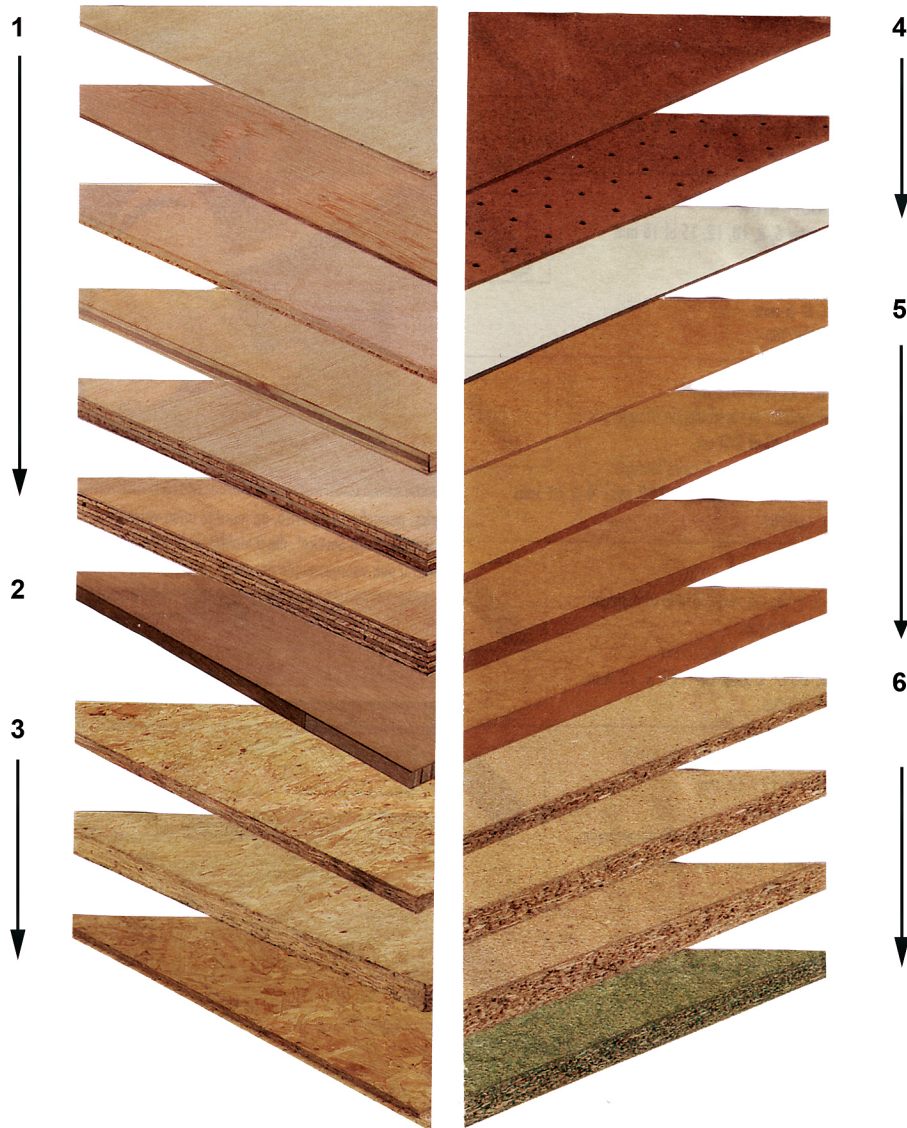
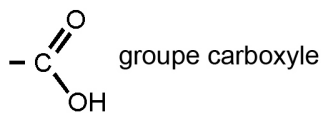


Fig. 3. Différents types de panneaux. 1 = multiplex; 2 = contreplaqué; 3 = OSB; 4 = panneaux durs; 5 = MDF; 6 = aggloméré.

vapeurs acides \longrightarrow acide carboxylique



formule	nom systématique	nom trivial	résidu acide
HCOOH	acide méthanoïque	acide formique ¹	formate
CH ₃ COOH	acide éthanoïque	acide acétique ²	acétate

¹ extrait des fourmis

² le vinaigre utilisé dans notre cuisine

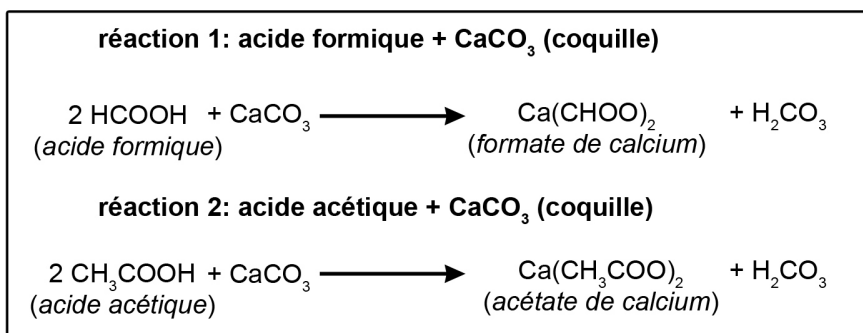


Fig. 4. Réactions chimiques et détérioration des coquilles.

Formaldéhyde des panneaux

Comme on l'a vu, les panneaux sont construits à base de résidus du bois, de différentes origines, unis par une substance à base de formaldéhyde. Les panneaux de particules et les panneaux MDF sont les plus nuisibles pour les collections des coquilles, j'ai pu en faire la désagréable expérience.

Il y a quelques années, j'ai entamé un remaniement des conservatoires de ma collection de coquillages, qui après vingt ans de récoltes, étaient devenus trop petits, et peu pratique. Afin d'adopter un système uniforme de rangement, j'ai jugé bon de suivre les recommandations qui préconisent le rangement des collections dans des tiroirs. Toutefois, devant le coût élevé des modèles vendus dans les commerces spécialisés, j'ai décidé de procéder personnellement à leur construction.

Je savais déjà que le chêne est nuisible pour les collections, mais mes connaissances quant aux autres types de bois étaient restreintes, voire nulles. La plupart des collections que j'ai consultées pendant ces dernières années

utilisent des systèmes de rangement à base de multiplex, de panneaux de particules, de panneaux lattés, etc. Ces produits sont en effet d'un prix abordable et faciles à travailler. De tous ces genres de panneaux, le MDF était le type préféré car de structure et de couleur assez uniforme. J'ai donc également choisi d'utiliser ce type de matériel. C'était malheureusement un mauvais choix qui par la suite s'est avéré lourd de conséquences. Moins de six mois plus tard, de nombreuses pièces de ma collection commencèrent à se détériorer. Dans chaque tiroir, on pouvait voir plusieurs coquillages recouverts d'une sorte de poudre. Les coquilles des espèces du genre *Cypraea* étaient devenues ternes, suite à la destruction de la partie brillante de la coquille. Les petites coquilles fragiles étaient complètement détruites.

Je découvrais de nouveaux cas de détérioration chaque jour! Des mesures de précaution s'imposaient d'urgence. J'ai tout d'abord décidé d'identifier la source de ces détériorations qui semblait provenir des panneaux MDF. En effet, en les manipulant, une très grande quantité de formaldéhyde s'est dégagée dans l'air, et comme la pièce où je gardais mes collections était assez étanche, le formaldéhyde s'y concentrait démesurément. Je savais, d'après mes études en chimie, que le formaldéhyde peut s'oxyder dans l'air en acide formique. Je fus donc capable d'identifier la raison de la détérioration rapide de ma collection.

Les vapeurs de formaldéhyde dégagées par les panneaux MDF sont quotidiennement relâchées partout dans notre entourage. Partant du fait que ces panneaux sont largement utilisés dans l'industrie des meubles (portes, placards, plafonds, planchers, cuisines, etc.), je suppose que les risques sur notre santé ne sont pas négligeables. Un petit sondage a confirmé que les fournisseurs du bois et produits dérivés, sont conscients du fait que des vapeurs de formaldéhyde sont incontestablement libérées par les colles, mais toutes dans les normes ISO. Le schéma suivant montre comment les détériorations peuvent apparaître (Fig. 5).

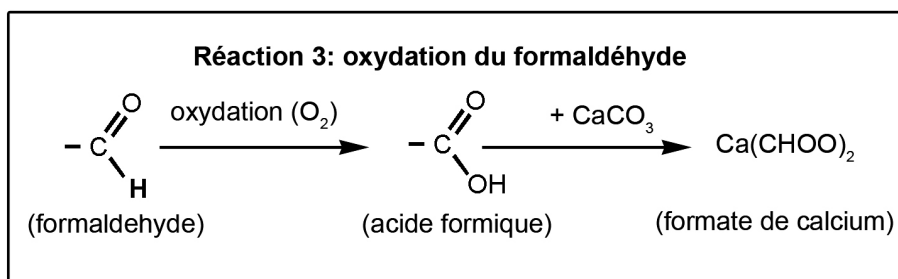


Fig. 5. Réaction chimique et détérioration des coquilles.

Les préparations fluides non convenablement fermées, de même que les collections d'animaux, crabes, étoiles de mer etc. qui sont saturées en formaldéhyde, peuvent constituer une autre source de libération de vapeurs de ce produit. A noter aussi que certains collectionneurs de coquilles utilisent du coton imbibé par le formaldéhyde, pour dégager les restes des parties molles. En agissant ainsi, la partie interne de la coquille peut se détériorer, sans qu'on puisse tout de suite s'en rendre compte.

2.1.3. Les genres de bois et leur degré de nocivité

Le bois naturel utilisé dans l'industrie des meubles est divisé en deux types: le bois dur et le bois tendre. La partie centrale d'un tronc d'arbre (Fig. 6), la plus forte, est constituée de bois dur, contenant des volumes importants de tannins et autres substances chimiques. Le bois tendre, qui entoure le bois dur, est protégé à l'extérieur par l'écorce et présente beaucoup moins de structure dense et de substances chimiques. C'est dans le bois tendre que l'eau et la nourriture sont véhiculés vers le reste de l'arbre. Cette partie est pauvre en substances chimiques et est de qualité inférieure.

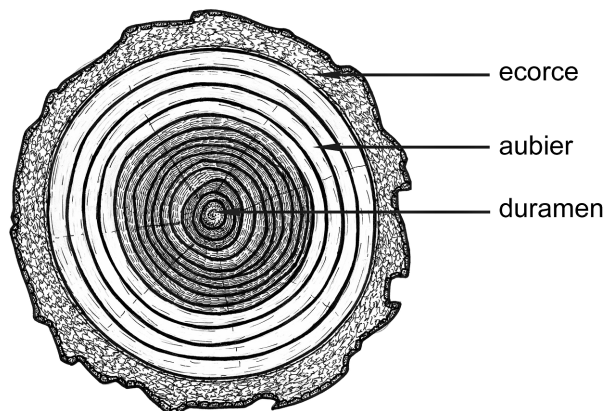


Fig. 6. Coupe transversale d'un tronc d'arbre. (Dessin par N. Van Noppen)

En se basant sur la résistance naturelle du bois contre les champignons, on peut diviser le bois en cinq catégories de durabilité (Tab. 2). Celle-ci est fonction de la quantité de résistants naturels dans le bois. Le bois tendre, qui contient des quantités minimales de ces substances, appartient invariablement à la catégorie V.

Puisque le bois durable contient beaucoup plus de substances chimiques, il les relâchera même après avoir été traité, causant ainsi un plus haut risque de détérioration. On peut conclure que le bois de la catégorie I est généralement plus nocif que celui de la catégorie V; cependant des exceptions à cette règle sont fort probables.

catégorie	durabilité	risque
I	Parfaitement durable	Très grand à grand
II	Durable	Grand
III	Moyennement durable	Grand à modérée
IV	Légèrement durable	Modérée
V	Nullement durable	Modérée à faible

Tab. 2. Durabilité naturelle du bois et le danger pour la détérioration d'une collection de coquilles.

La durabilité est donc un élément décisif quand il s'agit du choix du bois pour la construction de conservatoires de collection de coquilles.

Le tableau 3 énumère 34 essences de bois qui sont universellement utilisées, leur nom scientifique, leur origine et leur durabilité. Nous pouvons dès lors distinguer les différents types de bois en fonction de la quantité d'acides qu'ils risquent de libérer. Gardons toutefois en tête que ne sont repris dans ce tableau que des bois non traités, n'ayant subi aucun processus d'imprégnation de lissage ou de peinture.

2.1.4. Influence de la manipulation manuelle

Les coquilles des espèces du genre *Cypraea*, les porcelaines, pourraient-elles perdre leur éclat, suite à d'excessives manipulations manuelles? C'est la question qui me fut un jour posée et à laquelle aucune étude n'a à ce jour été consacrée. En voici donc une interprétation théorique.

En plus de son rôle de protection de l'organisme contre les bactéries, les virus et les radiations, la peau humaine s'octroie d'autres fonctions telles que la thermorégulation, le stockage des graisses et la production de vitamine D. Un centimètre carré de peau compte dix poils, cent glandes sudoripares, quinze glandes sébacées, un mètre de capillaires, 3,5 mètres de nerfs et une centaine de minuscules organes sensoriels. Chaque être humain possède deux millions de glandes sudoripares, soit une longueur totale de dix kilomètres, et produit quotidiennement entre un demi et six litres de sueur. Le nombre le plus élevé de glandes sudoripares se trouve au niveau des paumes des mains, des plantes des pieds et des aisselles. L'évaporation de cette sueur est absolument nécessaire pour que notre corps puisse se rafraîchir. 75 % de la chaleur humaine (produite par le métabolisme des glucides) est éliminée par les radiations et 25 % à travers la sueur.

La sueur contient non seulement de l'eau et des sels, mais aussi quelques acides comme l'acide urique, l'acide valérique, l'acide caproïque et l'acide butyrique (Tab. 4). La sécrétion d'acide lactique est aussi possible. Les glandes sudoripares sont capables d'absorber l'adrénaline, une hormone qui stimule le métabolisme cellulaire. Ceci nécessite plus d'énergie et donc plus de glucose. Cependant, à défaut d'oxygène, la production d'énergie n'est plus possible ce qui entraîne l'accumulation de l'acide lactique, considéré comme déchet. Les acides contenus dans la sueur, et parmi eux l'acide lactique, protègent notre peau contre les moisissures et les produits nocifs ambiants.

Ces acides forment avec les acides acétique et formique le groupe des acides carboxyliques. Ils réagissent avec les ions Ca^{2+} pour donner naissance à un sel. Le butyrate de calcium par exemple est ainsi issu de la réaction de l'acide butyrique avec le CaCO_3 .

essence	Nom scientifique	origine	cat.
afrosmia	<i>Pericopsis elata</i>	Ouest de l'Afrique centrale	I
afzélia	<i>Azelia bipindensis</i>	Cameroun, Gabon	I
azobé	<i>Lophira alata</i>	Ouest de l'Afrique centrale	I
bangkirai	<i>Shorea</i> sp.	Sud-est de l'Asie	II
hêtre	<i>Fagus sylvatica</i>	Europe occidentale	V
thuya	<i>Thuja plicata</i>	Ouest du Canada, Etats-Unis	II
chêne d'Europe	<i>Quercus robur</i> , <i>Q. petraea</i>	Europe	II
chêne d'Amérique	<i>Quercus rubra</i>	Est des Etats-Unis, Sud-est du Canada	IV
érable	<i>Acer</i> sp.	Canada, Europe, Etats-Unis	V
frêne	<i>Fraxinus excelsior</i>	Centre de l'Europe du Sud	V
eucalyptus	<i>Eucalyptus delegatensis</i>	Tasmanie, Australie	III
pin sylvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	Europe, Asie du Nord	III
hemlock	<i>Tsuga heterophylla</i>	Ouest du Canada, Etats-Unis	IV
iroko	<i>Chlorophora regia</i>	Afrique tropicale	I
châtaignier	<i>Castanea sativa</i>	Europe, Afrique du Nord	II
mérisier	<i>Prunus avium</i>	Europe	III
keruing/yang	<i>Dipterocarpus</i> sp.	Indonésie, Malaisie, Thaïlande	III
mélèze	<i>Larix decidua</i>	Europe	III
acajou d'Afrique	<i>Khaya</i> sp.	Afrique tropicale	III
acajou d'Amérique	<i>Swietenia macrophylla</i>	Amérique centrale, Amérique du Sud	II
meranti	<i>Shorea</i> sp.	Sud-est de l'Asie	II
merbau	<i>Intsia</i> sp.	Sud-est de l'Asie	I
noyer d'Europe	<i>Juglans</i> sp.	Europe	III
pin d'Orégon	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Ouest du Canada, Etats-Unis	III
pin maritime	<i>Pinus pinaster</i>	Europe du Sud et Afrique du Nord	IV
peuplier	<i>Populus</i> sp.	Europe, Asie, Amérique du Nord	V
ramin	<i>Gonystylus</i> sp.	Sud-est de l'Asie	V
robinier	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Europe (Hongrie)	I
sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Afrique centrale, Afrique de l'Ouest	III
sipo/utile	<i>Entandrophragma utile</i>	Afrique centrale, Afrique de l'Ouest	II
pin (jaune) du Sud	<i>Pinus taeda</i> , <i>P. echinata</i>	Sud-est des Etats-Unis	III
tek	<i>Tectona grandis</i>	Thaïlande, Indonésie	I
épicéa	<i>Picea abies</i> , <i>P. excelsa</i>	Europe du Nord, Asie du Nord	IV
wengé	<i>Millettia laurentii</i>	Afrique Centrale, Afrique de l'Ouest	II

Tab. 3. Les différents types de bois, leurs origines et leurs catégories.

Il est possible que les acides présents dans la sueur déclenchent au contact des coquilles des réactions chimiques aboutissant à la formation de sels. La quantité de sécrétion de la sueur varie d'une personne à l'autre et en fonction des conditions de température, de stress, etc.

Il est dès lors conseillé, pour protéger les coquilles, de porter des gants blancs duvetés, à l'image de ceux utilisés dans la manipulation des objets d'art.

Nom systématique	Nom trivial	Formule	Reste acide
acide butanoïque	acide butyrique	$C_4H_8O_2$	butyrate
acide pentanoïque	acide valérique	$C_5H_{10}O_2$	valérate
acide hexanoïque	acide caproïque	$C_6H_{12}O_2$	capronate
acide hydroxypropionique	acide lactique	$C_3H_6O_3$	lactate

Tab. 4. Présentation des principaux acides présents dans la sueur humaine.

2.2. Influence de l'humidité en milieu acide

Un taux d'humidité élevé a souvent un effet négatif sur les personnes et les objets. Il ne constitue cependant nullement la cause directe de la détérioration des collections de coquilles, bien qu'il joue un rôle primordial dans son accélération et son amplification. Quand un milieu acide est saturé en vapeurs d'eau, celles-ci font office de solvant et de moyen de transport pour les acides solubles dans l'eau. En se refroidissant (pendant la nuit par exemple), les vapeurs acides se condensent et se déposent sur les coquilles, en formant des sels par réaction avec le $CaCO_3$.

Ces sels sont hygroscopiques et vont donc absorber et conserver l'humidité et attirer les vapeurs acides environnantes. Si les coquilles ne sont pas débarrassées des sels qui se sont déposés à leur surface, on va donc assister à une hyper absorption des vapeurs d'eau acides. Négligeable dans un premier temps, ce processus peut devenir sérieux sur le long terme (Fig. 7).

En conclusion, plus le milieu est humide (et chaud), plus les réactions des acides menant au dépôt de sels seront rapides.

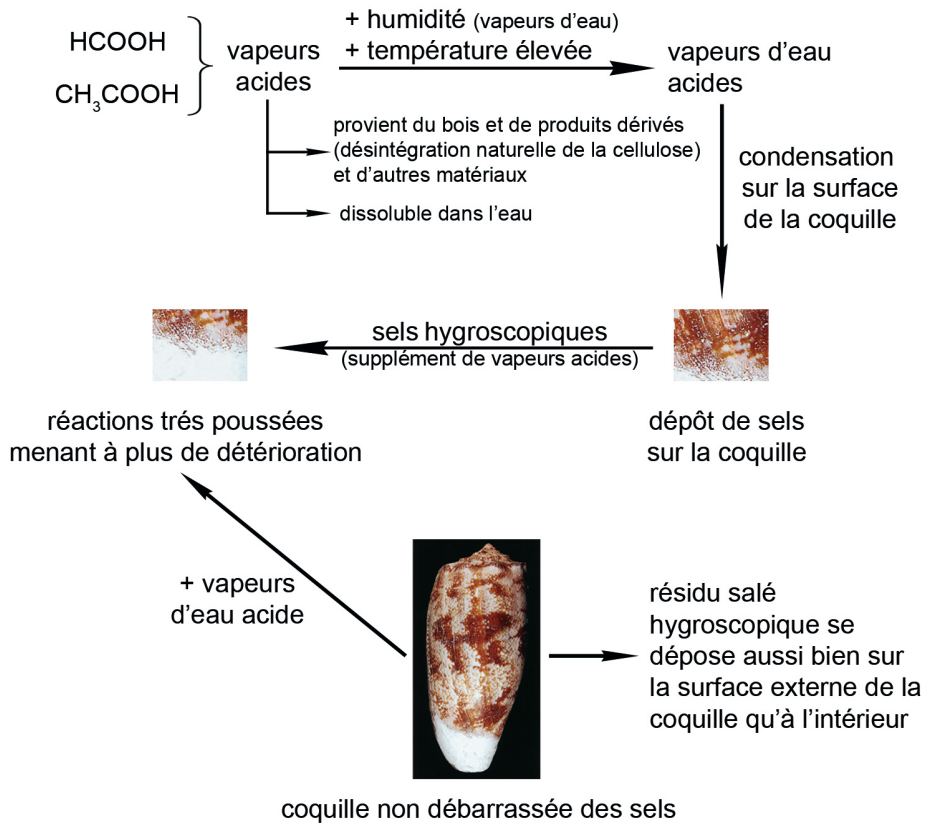


Fig. 7. Influence de l'humidité et de la température dans un milieu acide.

2.3. Relation entre humidité atmosphérique et dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone (CO_2) est un gaz indispensable à la vie et compte pour 0,3% de l'air ambiant. Il est trente fois plus soluble dans l'eau que l'oxygène. Une fois dissous dans l'eau, il forme alors un acide faible, l'acide carbonique. Celui-ci est contenu dans les boissons pétillantes dont les bulles sont constituées de dioxyde de carbone.

L'eau de pluie contient aussi de faibles quantités d'acide carbonique. Elles peuvent toutefois devenir très importantes dans les régions fortement industrialisées ou polluées. On parle alors de « pluies acides ».

Les cimenteries enfin dégagent des quantités énormes de CO_2 au moment du processus du chauffage des roches calcaires en vue de leur transformation en chaux. Il est donc peu recommandé au collectionneur de coquillages d'habiter près d'une telle usine.

Mais pourquoi des fortes concentrations de CO_2 , peuvent-elles engendrer d'importantes séquelles sur une collection de coquillages?

Pour rendre l'image beaucoup plus nette aux yeux du lecteur, je me permets de faire un rapprochement avec les stalactites et stalagmites des grottes. Le processus qui se déroule dans ces grottes, au cours des milliers d'années, peut être comparé à ce qui peut arriver aux coquilles quand elles sont exposées à de fortes concentrations de CO_2 pendant de longues périodes.

Les grottes avec des stalactites et stalagmites ne peuvent se rencontrer que dans les régions où les terrains sont riches en calcaire. Les pluies acides en s'infiltrant dans le sol dissolvent une partie des carbonates de calcium. Quand elles arrivent au niveau d'une grotte, qui est un milieu sec, les gouttes d'eau, en tombant du plafond, libère l' H_2O et le CO_2 , alors que le CaCO_3 est précipité. Après des milliers d'années, le plafond des grottes se trouve orné de stalactites et le plancher de stalagmites. Ce processus est aussi appelé cycle du carbonate - bicarbonate (Fig. 8).

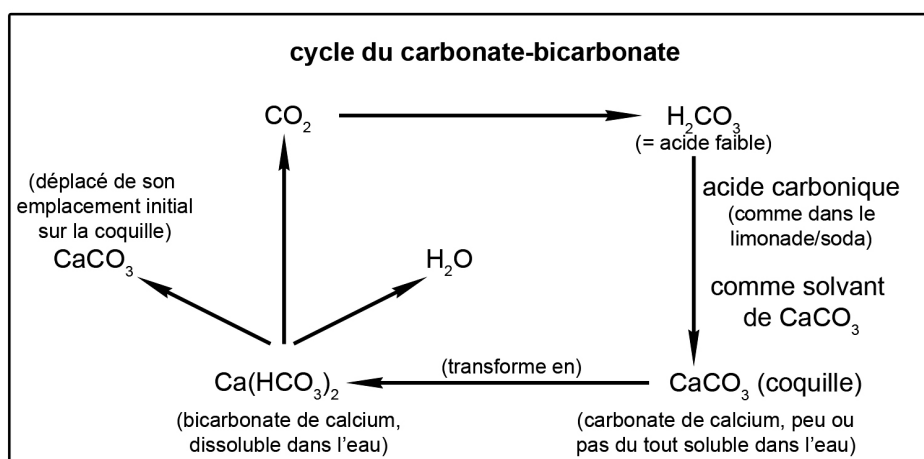


Fig. 8. Relation entre humidité atmosphérique et CO_2 , représentée dans le cycle du carbonate-bicarbonate.

Lorsqu'une collection de coquille est déposée dans un local où l'air contient déjà d'énormes quantités de CO_2 , auxquelles viendra s'ajouter le CO_2 provenant de la fumée des cigarettes, des bougies, de la combustion du bois, des fours, etc. et où l'humidité atmosphérique intervient aussi, ce processus se reproduira incessamment dans ce local.

Le schéma ci-dessus (Fig. 8) montre comment le CO_2 , formé en phase de réchauffement le long de la journée, est absorbé par la vapeur d'eau, qui se condense pendant la nuit et se dépose sur les coquilles sous forme d'acide carbonique, servant de solvant pour le CaCO_3 .

Le CaCO_3 étant peu ou pas du tout soluble dans l'eau, une transformation en bicarbonate de calcium $\text{Ca(HCO}_3)_2$, prend immédiatement place. Lorsque l'air se réchauffe à nouveau, l'eau condensée s'évapore et le CO_2 et l' H_2O sont ainsi dissociés pour s'incorporer à nouveau dans le cycle, alors que le CaCO_3 , déplacé de son emplacement initial, dans de très faibles quantités, demeure sur la coquille.