

Ce processus est relativement lent et les quantités de carbonate de calcium déposées sur la coquille restent faibles, mais le problème devient sérieux quand ce processus se reproduit constamment dans le temps, jour après jour et année après année. Il s'agit du même processus qui aboutit à la création des stalactites et stalagmites dans les grottes des régions où les terrains sont riches en calcaire.

La concentration en dioxyde de carbone et l'humidité atmosphérique, modérée en Europe en comparaison avec les régions tropicales et subtropicales où les fortes valeurs de l'humidité atmosphérique sont typiques et où les variations thermiques entre le jour et la nuit sont considérables, joue donc un rôle considérable dans la dégradation des coquillages.

2.4. Les détériorations occasionnées par les champignons

Les détériorations engendrées par les champignons apparaissent principalement dans les parties organiques de la coquille (péριοstracum, byssus et opercule). Les restes des parties molles de l'animal, les coquillages qui contiennent des animaux déshydratés et les spécimens immergés dans de l'alcool (comme les chitons) sont les plus sensibles aux dommages provoqués par les champignons.

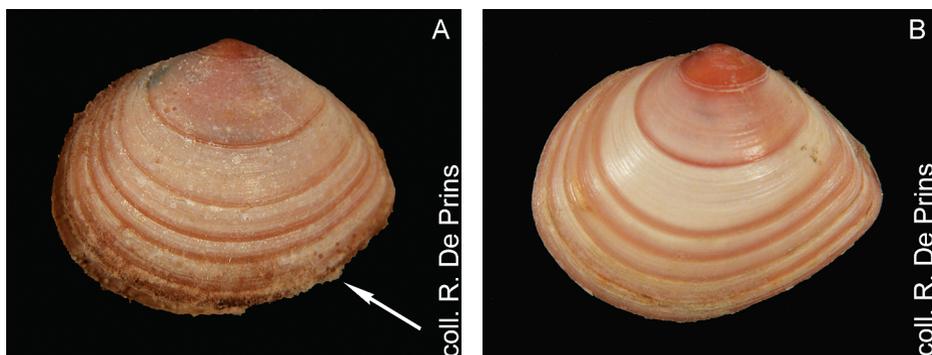


Fig. 9. *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758). A. Valve avec formation de champignons (flèche); B. Valve non détériorée.

Ceux-ci peuvent toutefois aussi s'attaquer au matériel inorganique, à en juger par les dégâts relevés sur mes propres coquillages, ce qui me permet personnellement d'attester de cette nouvelle donnée malacologique.

Le développement des champignons nécessite des conditions favorables, en particulier l'humidité et la chaleur, favorisant une croissance optimale de ces organismes. Le local où mes collections sont déposées, n'est pas convenablement aéré, ce qui favorise un développement considérable de moisissures, bien qu'elles ne soient pas perceptibles à première vue. La température ambiante est normale ou même élevée. Des champignons se sont alors introduits dans ma collection, probablement à partir des coquillages que je me suis procurés quelques mois plus tôt auprès d'un malacologiste retraité. Pendant 40 ans, ce collectionneur n'avait presque pas eu de problèmes de contamination par des champignons, notamment par ce que l'environnement où

il gardait ses collections était parfaitement sec. Pourtant, même si les champignons sont restés inactifs, et ne se sont pas déclarés durant toutes ces années, bien de traces sont encore repérables sur les coquilles. Dès que l'environnement leur devient favorable, on assiste à une véritable « explosion ».

Le périostracum et l'opercule sont les sites les plus favorables à l'apparition des dégâts provoqués par les champignons. L'air ambiant et les manipulations manuelles, permettent une propagation rapide des traces, et une augmentation des détériorations.

L'identification des champignons étant très difficile et très onéreuse, nous n'avons pu obtenir que certaines caractéristiques ne permettant que l'identification des familles et des genres. Les plus importants que nous ayons pu identifier sont: *Aspergillus*, *Trichophyton* et *Penicillium*.

Les espèces du genre *Trichophyton* semble s'attaquer au corps humain, spécialement au niveau des surfaces cornées comme les cheveux et les ongles (Fig. 10). Leur action sur le périostracum et l'opercule est comparable.



Fig. 10. Attaque sur des ongles humains par une espèce de *Trichophyton*.

Les attaques sont cependant aussi observables à la surface des coquilles. Très similaires à la poudre et aux cristaux relevés suite à l'émission des vapeurs acides par le bois, des observations microscopiques permettent de les différencier et de faire apparaître des filaments de moisissure et des cristaux particuliers en forme d'aiguilles, disposées pour la plupart perpendiculairement à la surface de la coquille. Elles peuvent atteindre jusqu'à 7 mm de longueur et sont alors visibles à l'œil nu (Fig. 11).

Lors des réactions métaboliques, certains champignons sont capables de fournir un acide (l'acide oxalique) qui peut se transformer en fins cristaux pointus d'oxalate de calcium. Le calcium des coquilles peut dans certains cas réagir avec l'acide oxalique libéré par les champignons, pour former de l'oxalate de calcium; le calcium est alors retiré des coquillages.

Le métabolisme des espèces des genres *Aspergillus* et *Penicillium* libère également de l'acide oxalate. Néanmoins, des études plus poussées, et des identifications à base de techniques mycologiques s'avèrent indispensables pour en savoir plus. Malheureusement, la facture de telles recherches est trop élevée pour des intentions personnelles.

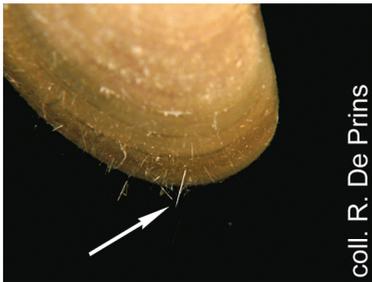


Fig. 11. Formation d'aiguilles de calcium oxalate sur une valve de *Donax trunculus* Linnaeus, 1758 résultant de la présence d'une espèce d'*Aspergillus*.

2.5. Les détériorations occasionnées par les insectes

Les dégâts causés par les insectes sont souvent limités au matériel organique de la coquille: périostracum et opercule. Les insectes peuvent aussi causer de sérieux dommages aux étiquettes, cartons, bois, livres, etc. La valeur scientifique d'une collection peut être perdue à jamais, si les données répertoriées sur les étiquettes sont détruites par des insectes. Les insectes responsables des détériorations des collections de coquilles sont principalement les lépismes argentés, les anthrènes et les poux des livres. Certains acariens peuvent également être des destructeurs néfastes.

Si les insectes peuvent avoir une action bénéfique en dégradant les restes de parties molles de l'animal, qui n'ont pas été dégagées dans la coquille, cette activité ne peut, en aucun cas éclipser les dommages qu'ils peuvent engendrer.

Les insectes se rencontrent dans toutes les collections. Ils ne sont dangereux que lorsque leur effectif devient élevé, ce qui les rend capables de provoquer de sérieux dégâts. On n'a pas à s'inquiéter de la présence dans sa collection d'un seul individu (qu'il s'agisse d'un adulte ou d'une larve). Leur prolifération est fréquemment liée aux conditions du milieu: humidité et température élevée ainsi que la présence de détritux alimentaires. Les collections préexistantes et le matériel nouvellement acquis peuvent souvent amener un animal non sollicité. À défaut de savoir dans quelles conditions ces collections étaient auparavant maintenues, il est prudent de les garder en quarantaine et de les soumettre à une inspection rigoureuse.

Agresseurs les plus fréquents

Les lépismes argentés (thysanoures)

Les lépismes argentés sont des petits insectes nocturnes, de forme aplatie et de coloration argentée (Fig. 12). Ils fréquentent particulièrement les endroits humides tels que les salles de bain et cuisines. On peut souvent les voir s'enfuir quand on allume subitement la lumière. Pendant la nuit, ils recherchent les détritux alimentaires et les produits contenant de l'amidon, base de leur régime alimentaire.

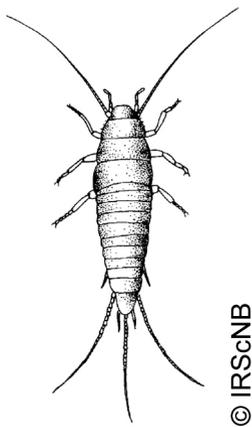


Fig. 12. *Lepisma saccharina* Linnaeus, 1758.
(Dessin par M. Leclercq)

La plupart de leurs dégâts vient du fait qu'ils peuvent ronger les étiquettes des collections et les livres et en digérer la cellulose (Fig. 13). Les collectionneurs de timbres ont de quoi s'inquiéter en présence de ces insectes, car la colle des timbres semble les attirer fortement.

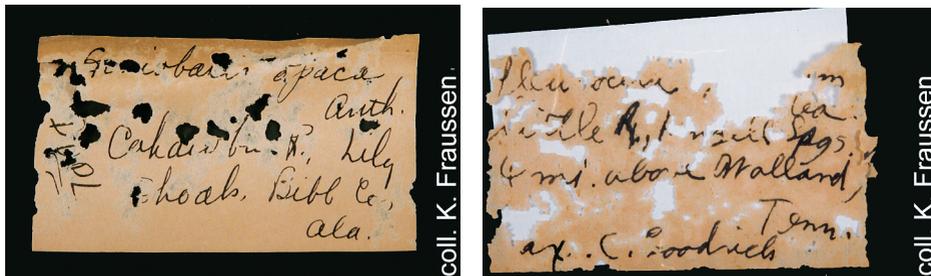


Fig. 13. Les dégâts des lépismes argentés sont bien visibles sur ces étiquettes provenant d'une vieille collection.

Les dermestes et les anthrènes (coléoptères)

Les dermestes et les anthrènes sont des petits coléoptères (famille Dermestidae) qui se nourrissent exclusivement de restes desséchés de cadavres d'animaux et de végétaux. Certains sont capables de digérer les couches cornées, entre autres, la chitine et la concholine. Dans les collections on peut rencontrer certains coléoptères détritiphages comme *Dermestes lardarius* Linnaeus, 1758 et *D. peruvianus* Castelnau, 1840 (Fig. 14)

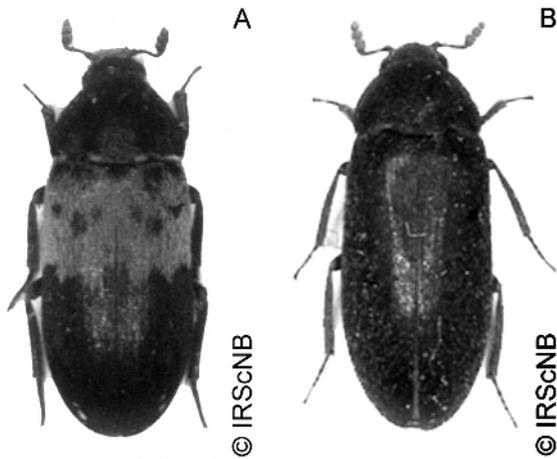


Fig. 14. Deux ravageurs communs dans nos collections:
 A. *Dermestes lardarius* Linnaeus, 1758; B. *D. peruvianus* Castelnau, 1840.

Les anthrènes les plus communs dans notre région sont l'anhrène des tapis, *Anthrenus scrophulariae* (Linnaeus, 1758), l'anhrène des musées, *A. museorum* (Linnaeus, 1758) et *A. verbasci* (Linnaeus, 1758) (Fig. 15). Ce sont les larves de ces coléoptères qui causent le plus de dommages aux collections. On en trouve fréquemment poils et exuvies dans l'ouverture des coquilles.

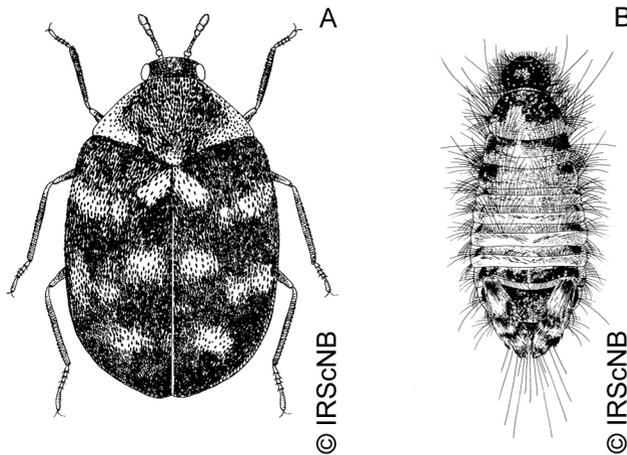


Fig. 15. *Anthrenus verbasci* (Linnaeus, 1758), une espèce parfois présente dans les collections. A. Adulte; B. Larve. (Dessins par M. Leclercq)

C'est particulièrement *A. museorum* et *A. verbasci* qui causent le plus de dégâts, non seulement aux collections de coquillages, mais aussi à celles d'insectes (Fig. 16). Le périostracum et l'opercule peuvent être complètement détruits dans un temps record. De plus, le carton n'offre donc aucune protection car il est également désagrégé par ces insectes.

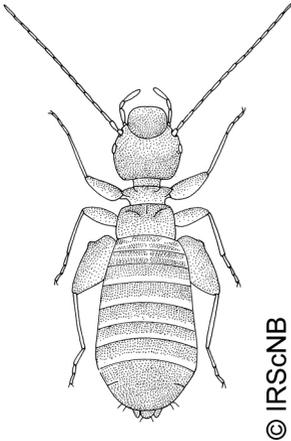


coll. R. De Prins

Fig. 16. Lépidoptère avec des traces de grignotement bien visibles.

Les poux des livres (psocoptères)

Les poux de livres (Fig. 17) sont des insectes aptères, lucifuges et hygrophiles, qui se rencontrent fréquemment entre les pages des livres. Ils ne provoquent aucun dommage au papier en tant que tel, mais se nourrissent de la colle reliant les feuillets des livres. Ceux-ci finissent donc par tomber en morceaux. Le régime alimentaire principal de ces insectes est constitué de filaments de moisissures. Leur présence dans une collection est donc synonyme d'humidité trop élevée.



© IRScNB

Fig. 17. La présence des poux de livres indique que l'humidité atmosphérique est trop élevée. (Dessin par M. Leclercq)

Les termites

Les termites sont des insectes sociaux des régions tropicales. Ce sont eux qui engendrent le plus de ravages aux matériaux à base de cellulose (bois, livres et étiquettes des collections). Ils ont besoin de chaleur et d'humidité; leur présence est un bon indicateur d'humidité trop élevée. Seules deux espèces sont signalées dans le sud de l'Europe.

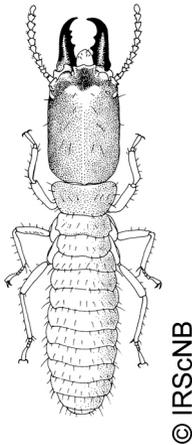


Fig. 18. Les termites, ravageurs de tout ce qui est bois et autres matériaux à base de cellulose.
(Dessin par M. Leclercq)

2.6. Les détériorations occasionnées par la lumière

La lumière est un facteur qui ne doit pas être sous-estimé au niveau des collections. Qu'elle soit visible ou invisible (UV), elle peut en effet produire une décoloration ou même une altération intégrale des couleurs des coquillages.

L'unité de la lumière visible est le lux. Les valeurs normales de la lumière du soleil, enregistrées pendant un jour nuageux et un jour ensoleillé, sont respectivement de 5.000 lux et 100.000 lux, alors que la lumière artificielle présente des valeurs comprises entre 100 et 1 000 lux. Plus l'intensité lumineuse est élevée, plus les dégâts au niveau des collections sont sérieux.

Les rayons UV sont divisés en 4 groupes (UVA, UVB, UVC et VUV), en fonction de la longueur d'onde, la plus courte étant la plus riche en énergie. L'unité de la longueur d'onde des UV est le nanomètre, les valeurs reconnues varient entre 315 et 400 nm pour les UVA et entre 40 et 200 nm pour les VUV.

Les rayons du soleil directs sont néfastes aux collections et doivent impérativement être évités, contrairement à la lumière artificielle, moins nuisible. Les rayons lumineux, visibles ou invisibles, transmettent à la matière l'énergie nécessaire pour déclencher un certain nombre de réactions, appelées réactions photochimiques. Celles-ci continuent après l'arrêt de l'exposition à la lumière, et entraînent ainsi de plus amples dommages. Il est donc préférable d'adopter des locaux obscurs, sans fenêtres et de ne les éclairer qu'en cas de besoin. Il est aussi possible de couvrir les vitrines par des rubans de couleur foncée.

Si les locaux possèdent de nombreuses fenêtres (Fig. 19), il est préférable de les masquer complètement ou de les couvrir par des filtres pour minimiser la pénétration des rayons lumineux. Si les vitrines sont éclairées par une lumière artificielle, il faut utiliser des lampes ne dépassant pas une puissance de 50 lux et, au maximum, 75 microwatts par lumen de lumière UV.

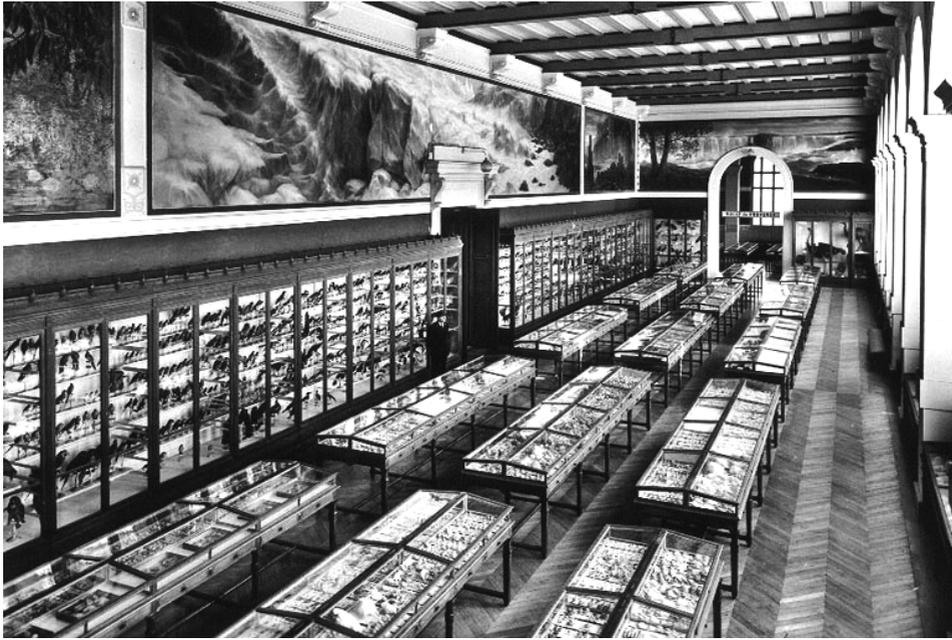


Fig. 19. Vue de la salle Vaysière (oiseaux et coquillages) au Muséum d'Histoire naturelle de Marseille (France), mis du siècle précédent. Les grandes fenêtres laissent largement pénétrer la lumière.

Une source de lumière artificielle doit se trouver à une distance suffisante. En effet, plus la source lumineuse est proche des coquillages, plus la lumière est intense et plus l'énergie et la température arrivant à la surface de la coquille sont importantes, ce qui peut mener à la déshydratation ou à la desquamation du périostacum et à la démolition complète des coquilles minces ou fragiles (exemple: *Pinna* spp).

Il est possible de mesurer avec exactitude les valeurs de l'intensité des rayons lumineux qui pénètrent dans la pièce à l'aide d'un luxmètre. Une observation attentive peut aussi permettre de déduire cette intensité: les livres, par exemple, sont eux aussi sensibles à la lumière et bibliothèques et collections privés sont gardées sous des conditions uniformes, dans un même local. Si l'on s'aperçoit que le dos d'un livre, nouvellement réceptionné, commence à se décolorer, on peut en conclure que l'intensité lumineuse est trop élevée dans le local et que des mesures de précaution sont à prendre.

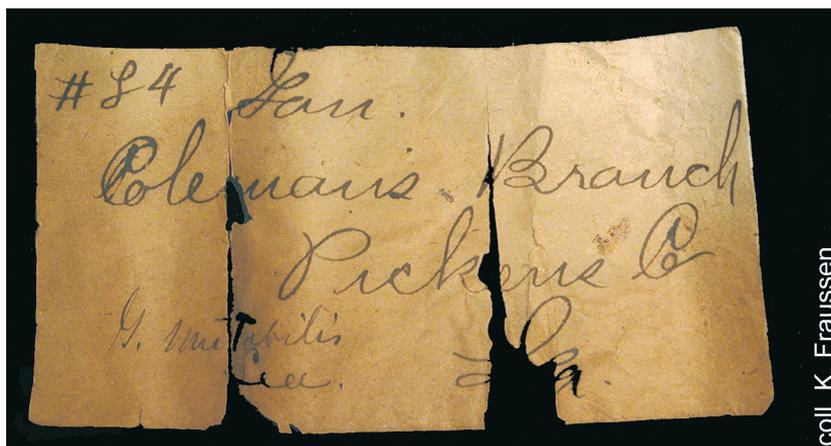


Fig. 20. Etiquette d'une vieille collection qui n'était pas protégée contre la lumière.

Pour montrer l'impact de la lumière sur la couleur des coquillages, j'avais décidé de réaliser une simple expérience avec les deux valves d'un spécimen de *Venus verrucosa* Linnaeus, 1758. Le test consiste à exposer une des deux valves à la lumière d'une lampe à vapeur de mercure (HQL 125 W Osram) pendant huit heures par jour durant cinq mois. J'ai gardé l'autre valve à l'intérieur d'un tiroir fermé. J'ai délibérément décidé d'utiliser un coquillage très commun, peu coloré, avec des nuances brunâtres. La photo (Fig. 21) montre clairement les conséquences après cinq mois et on peut facilement imaginer le résultat après 20 ans.



Fig. 21. *Venus verrucosa* Linnaeus, 1758. A. Valve droite avec une coloration normale; B. Valve gauche avec une coloration après cinq mois d'exposition à la lumière HQL.

Sans matériel de référence, il est difficile de remarquer ces changements, sauf quand il s'agit de coquilles fortement colorées. Les transformations peuvent toutefois être constatées en confrontant les coquilles d'une ancienne collection avec un matériel récemment récolté.

3. Comment reconnaître les détériorations au sein de sa propre collection?

Repérer et reconnaître les différentes détériorations au sein de sa propre collection s'avère d'une importance primordiale pour pouvoir la protéger ultérieurement contre d'éventuels dégradations. Un contrôle minutieux doit être régulièrement effectué afin d'éviter à la collection de nombreux problèmes. Il est particulièrement important de détecter prématurément les traces de champignons, car les détériorations qu'ils causent peuvent se propager très vite. À l'inverse, les dégâts engendrés par les acides mettent plus de temps à apparaître, et ne sont souvent visibles qu'après des mois, voire des années, sauf si les concentrations des acides sont exceptionnellement élevées.

Un phénomène qui peut ressembler étroitement à un type d'altération, ne peut pas être, obligatoirement, une vraie détérioration. Les cristaux, ne sont souvent que des détritiques salés, et la poudre blanche peut être issue, soit d'un entartrage naturel dans l'eau de mer, soit de restes de revêtements de divers animaux marins.

Le degré de détérioration et la surface altérée peuvent différer considérablement au sein d'une même collection. Certains spécimens d'une même espèce peuvent montrer des détériorations, alors que d'autres resteront indemnes, bien qu'ils soient gardés ensemble dans un même tiroir. La raison n'est pas souvent évidente, bien qu'on puisse avancer certains facteurs: selon que les coquilles sont portées à ébullition ou non, débarrassées des sels ou non, collectées vides ou avec l'animal et lubrifiées ou pas, on note une variation de l'amplitude de la détérioration. Les moisissures peuvent également s'interposer, quoiqu'elles ne soient pas toujours perceptibles. En raison de la condensation et de l'accumulation des vapeurs d'eau, on peut noter des écarts de presque 20 % entre les valeurs de l'humidité relevées dans deux différentes parties d'un même local, ce qui entraîne une variabilité dans l'apparition et la propagation des détériorations causées par les champignons et les acides.

La clé suivante est une contribution à l'identification des différents types de détériorations. Elle vous permettra d'acquérir l'expérience dans la reconnaissance de la majorité des problèmes au sein de votre collection (voir aussi les Figs 22 à 33).

3.1. Les détériorations causées par un environnement acide

Ces détériorations sont les conséquences directes de la libération des acides par le bois, les produits dérivés et les substances chimiques.

- Une poudre blanche ou des cristaux blancs sont visibles sur la surface de la coquille, surtout au niveau des sutures pour les gastéropodes, et entre les stries de croissance pour les bivalves (Fig. 22). L'apex de la coquille, qui correspond à la partie la plus ancienne et la plus touchée par l'érosion naturelle, montre aussi de telles altérations. Ceci peut s'observer spécialement chez les espèces qui fréquentent les zones intertidales, comme par exemple chez les Trochidae et Patellidae.

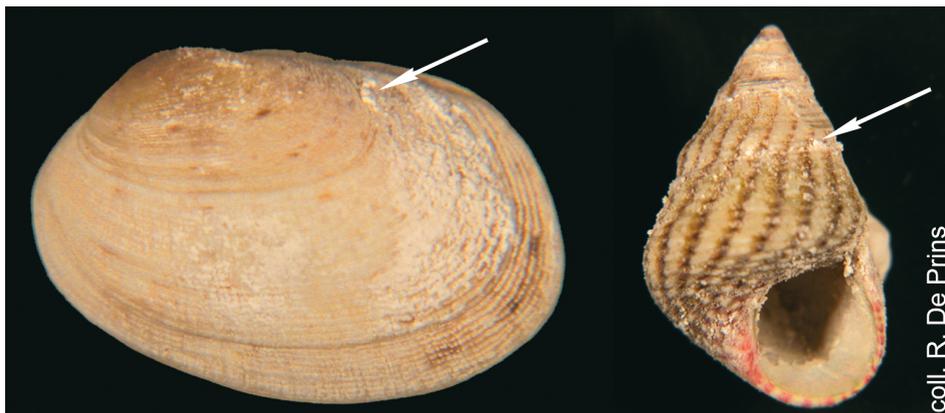


Fig. 22. Deux exemples – *Venerupis senegalensis* (Gmelin, 1791) et *Thalotia lehmani* (Menke, 1843) - où une poudre blanche ou des cristaux montrent que le milieu est trop acide.

- . En touchant les coquilles, la poudre blanche reste collée sur vos doigts.
- . Faire des observations minutieuses, à l'aide de loupes ou d'objectifs à zoom car les premiers symptômes des détériorations sont généralement invisibles à l'œil nu.
- . Goûter la poudre avec le bout de votre langue. Si vous trouvez qu'elle est nettement aigre, vous êtes sûr que vous avez à faire à une détérioration (un dépôt de calcaire naturel n'est pas aigre).



Fig. 23. *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758).
Déposition d'une couche naturelle de calcaire sur la totalité de la coquille.

- . Certaines coquilles s'effritent ou tombent en morceaux sous forme de flocons, lorsque vous essayez de les manipuler. C'est, souvent la couche des prismes qui se desquame, dévoilant ainsi la couche à nacre. Le périostracum peut également desquamer, mais seulement lorsque le milieu est trop sec, ce qui rend cette couche infiniment fine et entraîne son détachement. J'ai remarqué ces détériorations chez des petites espèces et les plus fragiles, dont la coquille est constituée uniquement par une ou deux couches calcaires. Les Trochidae semblent aussi être sensibles à ces altérations.
- . Sentir l'odeur d'un acide en ouvrant un tiroir ou une armoire, est la conséquence de l'accumulation de grandes concentrations d'acide libéré par le bois.

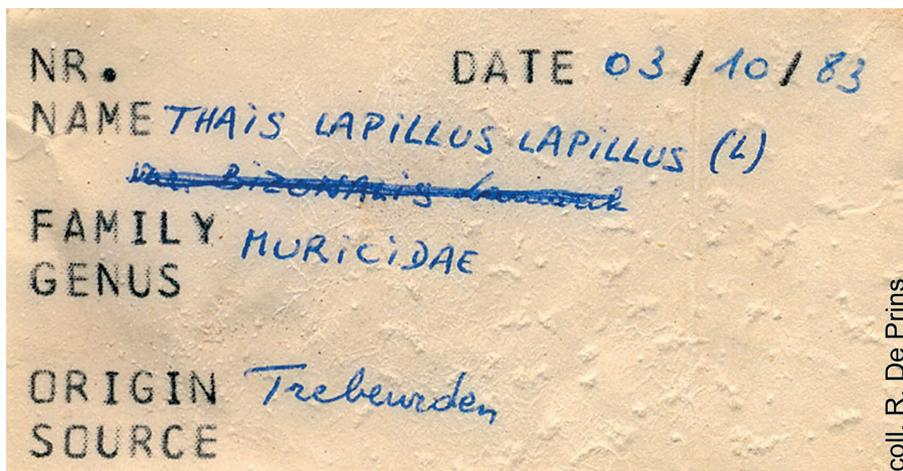
Les coquilles originellement luisantes peuvent changer d'aspect, et devenir ternes (Fig. 24). Des familles comme les Cypraeidae et les Olividae sont particulièrement sensibles à ces transformations. Cependant, les détériorations peuvent aussi naître à partir des couches internes. Les couches brillantes peuvent alors rester intactes, bien que des altérations soient clairement notées au niveau des couches internes.



coll. R. De Prins

Fig. 24. Une porcelaine devenue terne.

Lorsque les étiquettes sont détériorées, il s'agit d'une altération due aux réactions chimiques entre les vapeurs acides et le CaCO_3 , présent dans le papier. Les sels ainsi formés pousseront les fibres vers le haut, en donnant au papier un aspect granulaire ou bulleux. La décoloration est également possible, mais elle peut avoir d'autres causes.

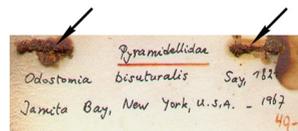


coll. R. De Prins

Fig. 25. Détérioration d'une étiquette. Les fibres du papier sont poussées vers le haut.

Les agrafes et autres objets métalliques montrent couramment les signes de détérioration bien avant les coquillages. Ils peuvent donc être utilisés comme de bons indicateurs de l'excès d'acide ou d'humidité.

Fig. 26. La corrosion des objets métalliques est souvent le premier signe d'un milieu trop acide.



Les figures suivantes montrent divers aspects de détérioration.

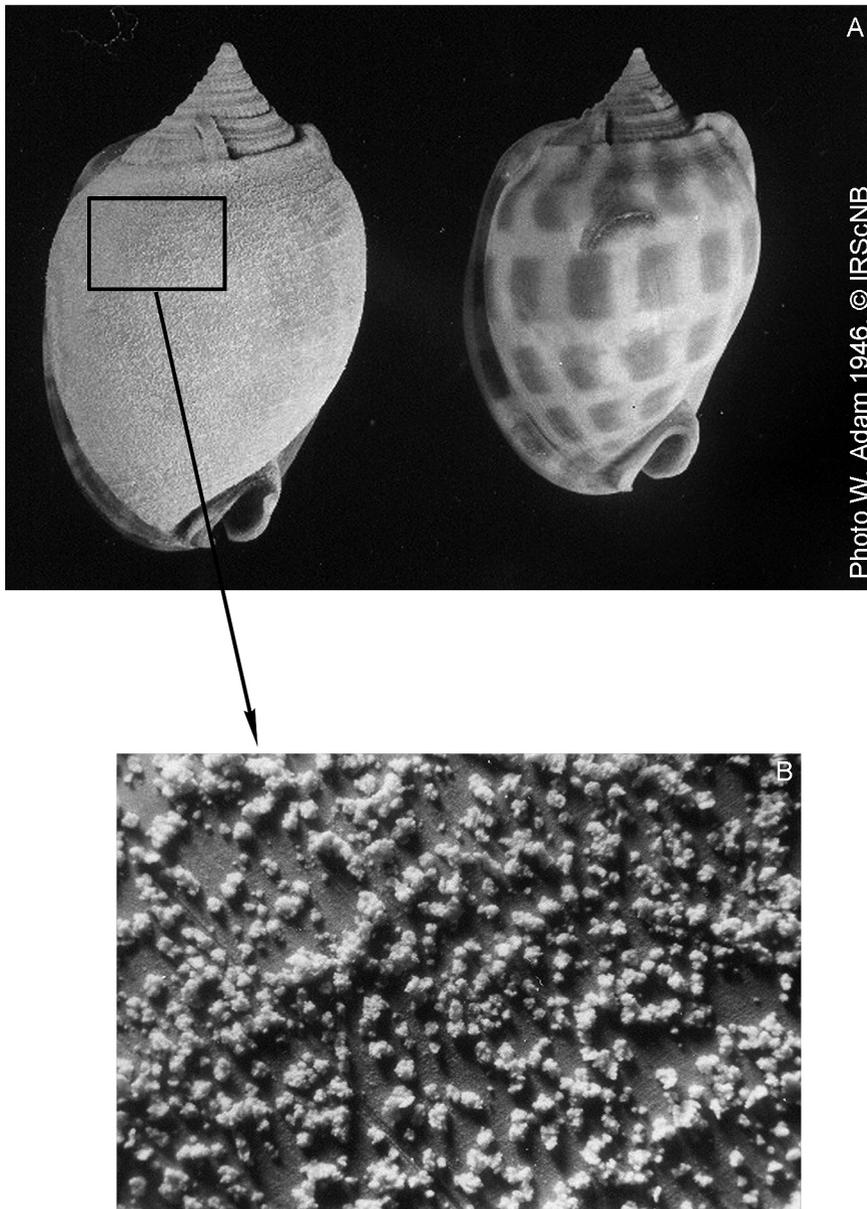


Fig. 27. Détérioration chez *Phalium areola* (Linnaeus, 1758).
A. Aspect macroscopique; B. Détail microscopique (x15).

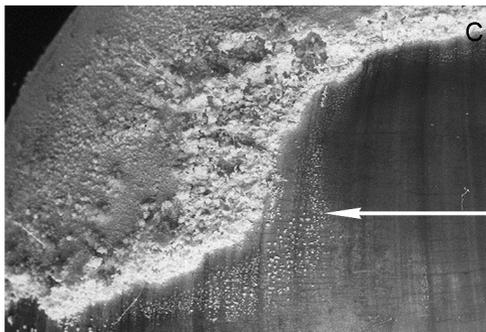
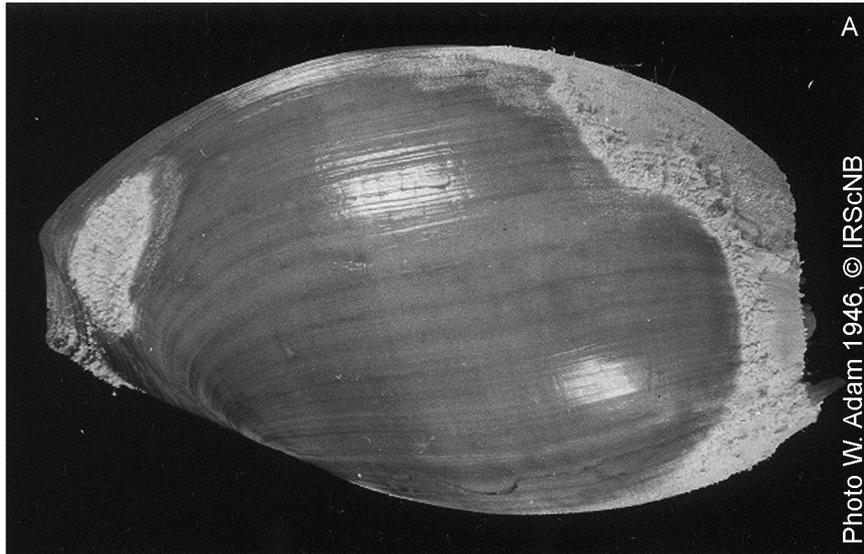


Fig. 28. Détérioration chez *Melo (Melocorona) amphora* (Lightfoot, 1786). A. Vue macroscopique; B. Détail mettant en évidence la présence de cristaux en forme d'aiguilles; C. L'accumulation des sels Ca^{2+} par l'action de vapeurs acides forme une épaisse couche blanche sur la coquille.

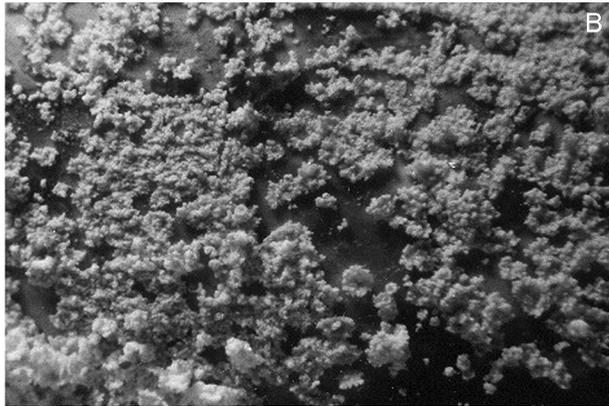
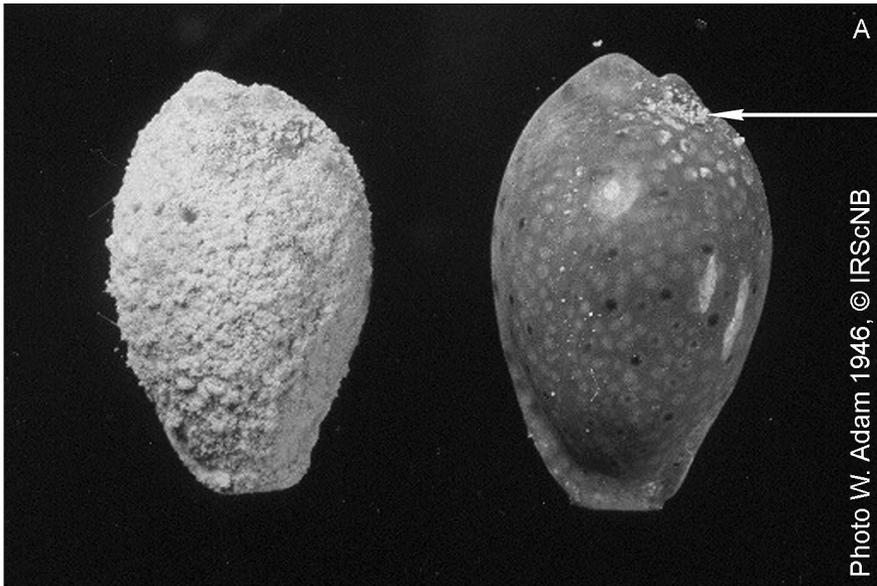


Fig. 29. *Cypraea ocellata* Linnaeus, 1758. A. À gauche, la détérioration recouvre toute la couche brillante de la coquille, à droite, la détérioration ne fait que commencer; B. Détail de la détérioration mettant en évidence son aspect granuleux (x15).

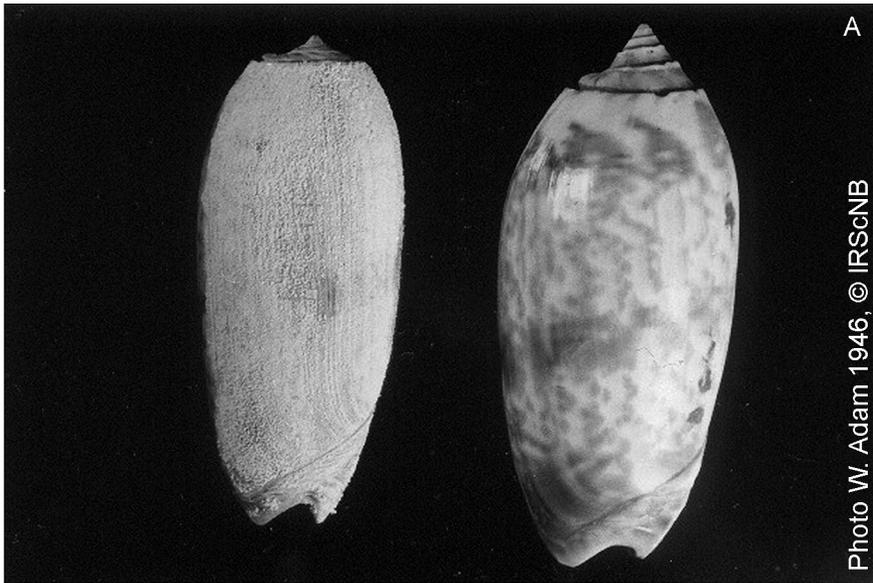


Photo W. Adam 1946, © IRScNB

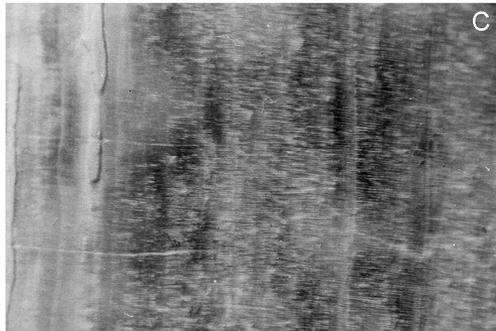


Fig 30. *Oliva miniacea* (Röding, 1798). A. À gauche, la détérioration recouvre toute la coquille, à droite, coquille saine; B. Détail de la détérioration, mettant en évidence les cristaux de sels (x15); C. Même spécimen après nettoyage; on constate une dégradation irréversible de la surface de la coquille (x15).

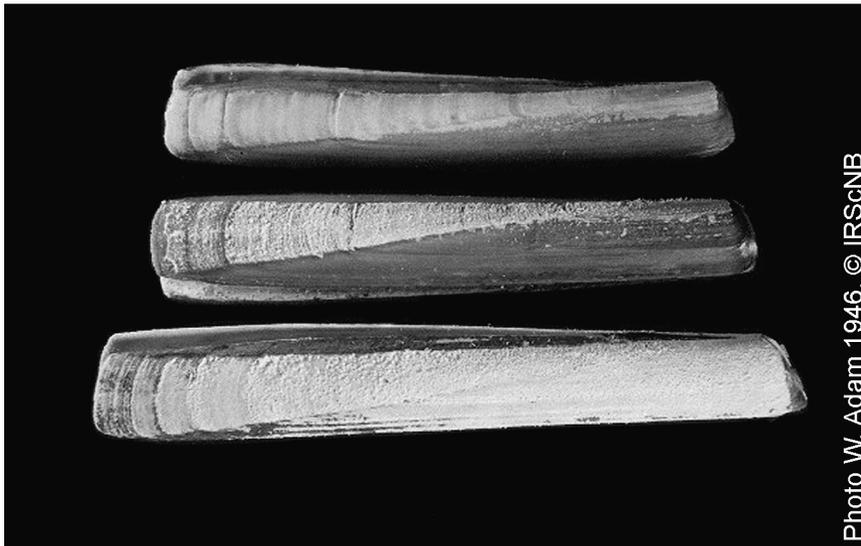


Photo W. Adam 1946, © IRScNB

Fig. 31. *Ensis siliqua* (Linnaeus, 1758).

En haut: spécimen intact.

Au milieu: détérioration marquée par la disparition du périostacum

En bas: la détérioration couvre l'ensemble de la coquille.

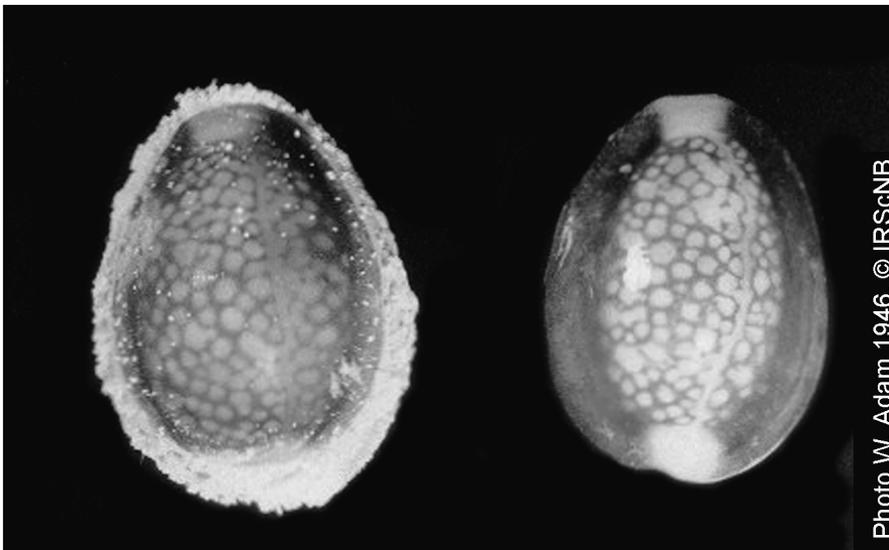


Photo W. Adam 1946, © IRScNB

Fig. 32. *Cypraea caputserpentis* Linnaeus, 1758.

Le spécimen de gauche montre un dépôt blanc autour de la coquille tandis que celui de droite compte quelques grains isolés sur sa face supérieure.

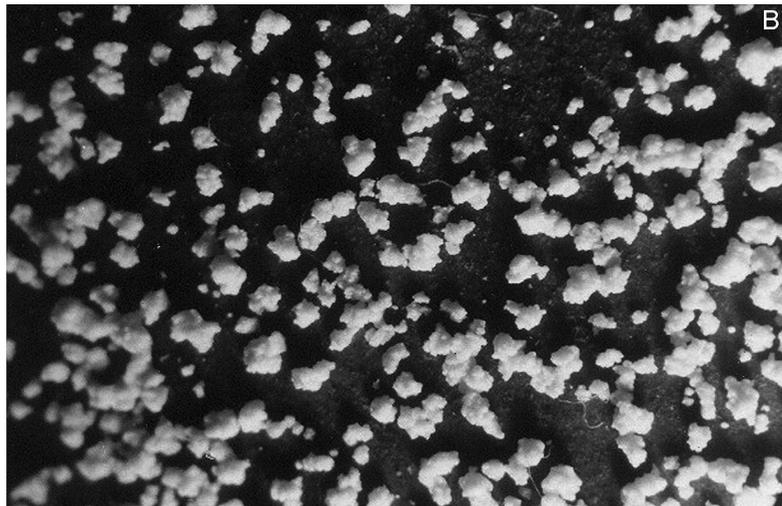


Fig. 33. Tous les specimens contenant du carbonate de calcium (CaCO_3) peuvent subir de telles attaques (crustacés, coraux, œufs d'oiseaux, etc.). A. Détérioration visible sur le crabe *Epialtus dentatus* H.M. Edwards, 1834; B. Détail de la détérioration (x15).

3.2. Les détériorations causées par les champignons

Les caractères morphologiques des champignons sont très variables avec l'espèce. Le plus souvent, ils sont filamenteux, de couleur blanche grisâtre et d'aspect duveteux. Les périthèces sont généralement visibles à l'œil nu, sous forme de groupement de points noirs. Les champignons ont la possibilité de rester dans un état léthargique pendant plusieurs années.

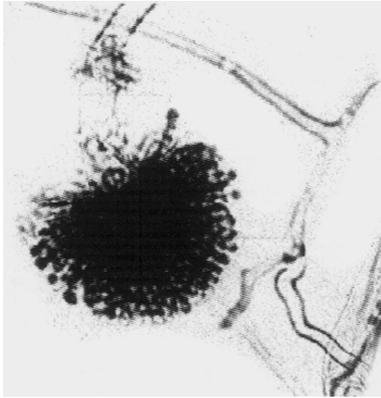
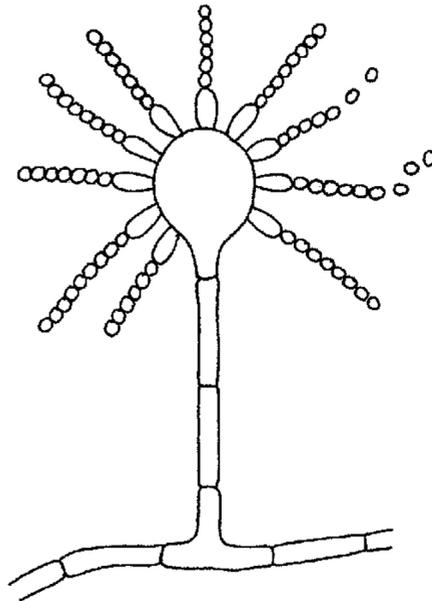


Fig. 34. A gauche, observation microscopique d'*Aspergillus* sp., montrant clairement les conidies (points noirs). A droite représentation schématique.
(Dessin par O. Van de Kerckhove)



© Jardin Botanique National de Belgique

Fig. 35. Représentation schématique de *Trichophyton* sp., un champignon qui peut se retrouver sur la surface de coquilles.

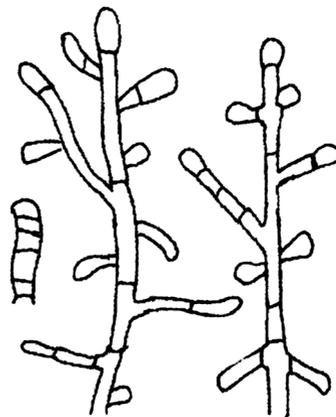
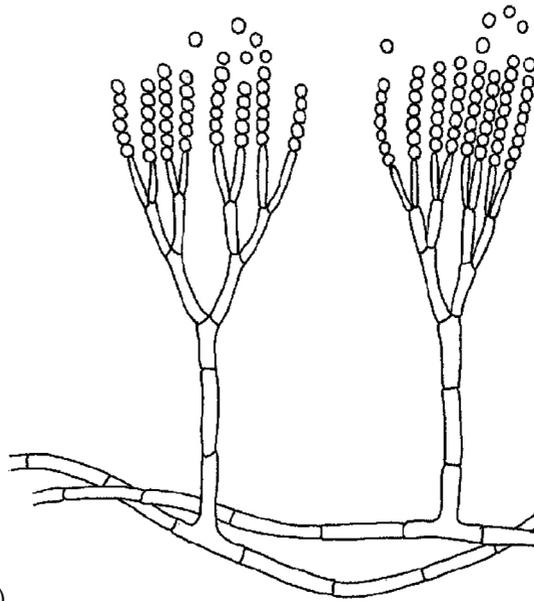


Fig. 36. Représentation schématique de *Penicillium* sp., un champignon qui contamine souvent les parties organiques de la coquille.

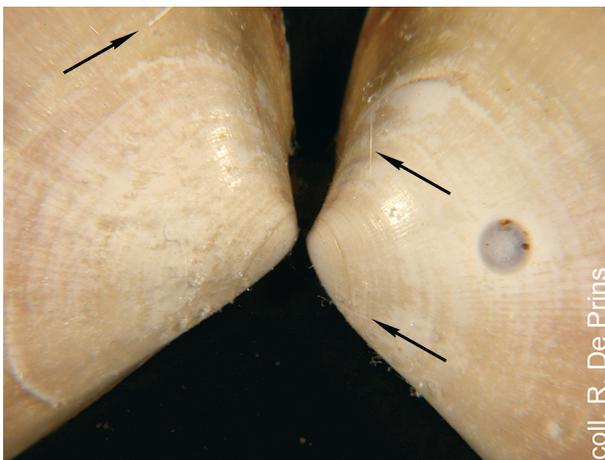
(Dessin par O. Van de Kerckhove)



© Jardin Botanique National de Belgique

Ils se retrouvent fréquemment au niveau des parties organiques de la coquille, tels que l'opercule et le périostracum, mais ils peuvent aussi se déposer sur la coquille elle-même.

La présence de cristaux sous forme d'aiguilles (oxalate de calcium) sur la surface de la coquille, est probablement un signe de détérioration générée par des champignons produisant de l'acide oxalique (Fig. 38). Des connaissances en chimie sont cependant nécessaires pour s'assurer qu'il s'agit bien de cristaux d'oxalate.



coll. R. De Prins

Fig. 37. Cristaux d'oxalate de calcium suite à une infection par des champignons.