

Les matériaux, immergés en milieu marin, qui servent à la construction, par exemple des ouvrages portuaires (jetée, warfs, appontement, écluses) ou les ouvrages de défense des côtes (digues), peuvent être détériorés par des organismes marins perforants, de telle manière que leur résistance mécanique peut être dangereusement diminuée.

Ces organismes perforent non seulement le bois (Fig. 1, 2), mais aussi les pierres calcaires. Même le marbre peut présenter des attaques, ainsi que les argiles plus ou moins durcies, quelquefois les briques, certains bétons et conglomérats et quelques roches éruptives friables.

En milieu émergé certaines pierres peuvent être détériorées mais ce sont toujours des microorganismes, des bactéries, qui interviennent dans les processus de la destruction. Aucun organisme supérieur n'est perforant.

A cet égard le milieu marin est donc beaucoup plus agressif. Seuls les bois sont perforés par des insectes, et le bois perforé, sert exclusivement de nourriture.

A la différence de certains organismes marins, les insectes et les crustacés peuvent cheminer à l'intérieur du bois sans la nécessité de laisser la partie inférieure de l'organisme fixée.

Les mollusques Teredinides, en plus des particules de bois qu'ils peuvent ingérer, filtrent comme les autres Mollusques des éléments du plancton.

Les organismes marins perforants, du groupe des bivalves, doivent pour survivre, se fixer par des filaments, ou une des valves (Moules et Huîtres) ou bien ils sont fouisseurs et choisissent un substratum doux ou dur. Leurs galeries tiendraient donc un peu du « terrier ».

Kühnel distingue parmi tous les éléments de la faune marine, destructeurs des pierres, ceux de l'endolithium, de l'épithium et du mésolithium.

Les moyens de perforation peuvent être soit chimiques soit mécaniques. Une fois pour toutes, agrandissant leur logette au fur et à mesure de leurs croissances; c'est la jeune larve qui est libre et constitue la forme infestante.

Ceux du « mésolithium » n'ont qu'une partie de leur corps à l'abri. Ils peuvent donc éventuellement quitter leur excavation.

Enfin ceux de l'« épithium » sont des organismes sessiles fixés à la surface d'une manière plus ou moins définitive.

Il est bien évident que les trois groupes d'organismes peuvent contribuer à la dégradation des matériaux. Une détérioration peut progresser à partir de la surface. C'est ce qu'on pourrait observer par exemple pour des structures métalliques non protégées.

Les moyens de perforation peuvent être soit chimiques soit mécaniques.

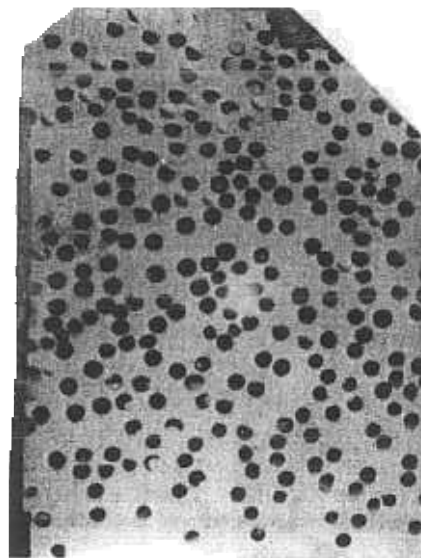


Fig. 1 - Bois attaqué par les tarets. Galeries verticales (de haut en bas) dans le Samba. Réduction 1/5.

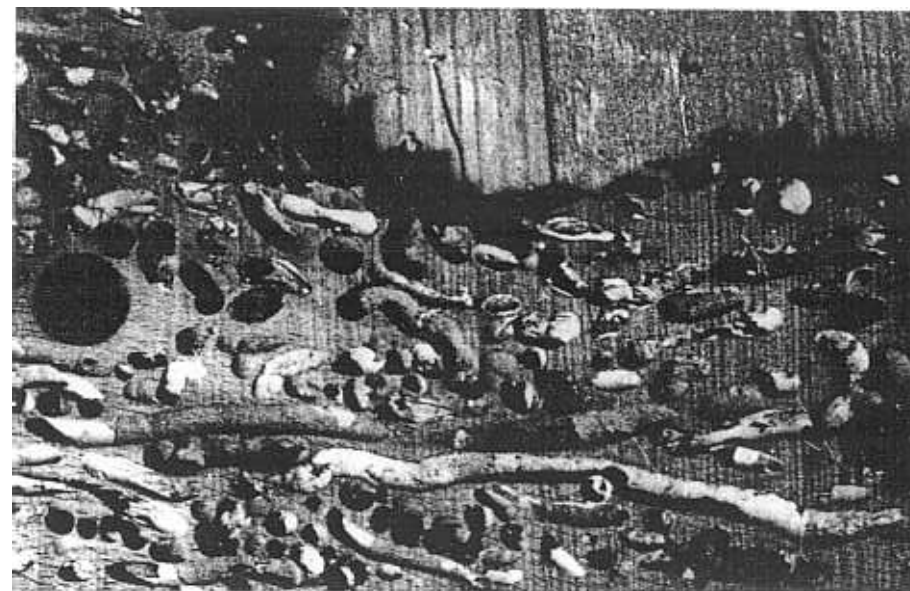


Fig. 2 - Aspect des galeries creusées dans le bois par les tarets. On aperçoit en blanc les débris du manchon calcaire qui entoure la plus grande partie du corps. Réduction 2/3.

L'acide carbonique qui est libéré par les processus de la respiration peut contribuer à la destruction des matériaux calcaires (cristallisés ou amorphes).

En plaçant les perforants sur des plaques de marbre poli, il est possible de se rendre compte de l'intensité de la corrosion chimique. Si c'est le seul proces-

sus de la perforation les organismes attaqueront les substrats calcaires à l'exclusion des autres matériaux.

Il serait donc possible d'établir parmi les organismes de l'endolithium un classement selon les moyens de perforation. Lorsqu'il s'agit d'une perforation mécanique ce sont, selon les groupes auxquels appartiennent les organismes, les mandibules, les bords ou les denticulations des coquilles qui permettent cette action mécanique.

Parmi les organismes qui perforent les roches calcaires avec des moyens apparemment chimiques, citons les éponges du groupe des clones.

Kühnelt range dans cette catégorie les *Polydora*, par exemple, qui sont des vers annelés.

Certains comme les *Venerupis* profitent des trous préexistants.

Pour Kühnelt les lithodomes, les *Petricolas*, les *gastrochoena* perforent grâce à des moyens chimiques.

Les coquilles notamment des lithodomes et des *Petricolas* ne portent pas de denticulations qui permettraient une perforation mécanique, mais peut-être d'après les sillons que nous avons observés dans des pierres calcaires à La Rochelle, une action mécanique des bords tranchants de la coquille est-elle possible? On peut faire la même observation pour les lithodomes ou dattes de mer dont nous avons trouvé cependant un échantillon dans un béton friable sur les bords de l'Adriatique (Fig. 3).

Dans certaines conditions les oursins peuvent se creuser une logette dans la pierre, et les « Patelles », petits mollusques gastéropodes qui ont une coquille en forme de chapeau chinois, font une excavation légère qui leur sert de gîte. Ils y reviennent après une incursion, à la recherche de nourriture.

On a même signalé un petit crustacé isopode du groupe des sphaeromes dans les eaux du Pacifique qui perce les pierres.

Ceux qui perforent mécaniquement peuvent par conséquent s'attaquer à des structures non calcaires, voire même passer du bois à la pierre.

*Pholas dactylus* qui est une espèce courante des côtes de l'Atlantique a été trouvée dans le calcaire (Fig. 4), le gneiss et la tourbe. Nous l'avons trouvée éga-

Fig. 3 - Galeries de lithodomes dans un morceau de béton du bord de l'Adriatique (Lido de Venise).



Fig. 4 - Aspects des galeries creusées par les *Pholades* dans une pierre calcaire: on aperçoit une des coquilles qui porte des denticulations sur les stries d'accroissement.

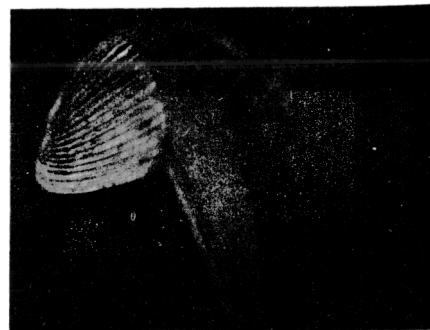
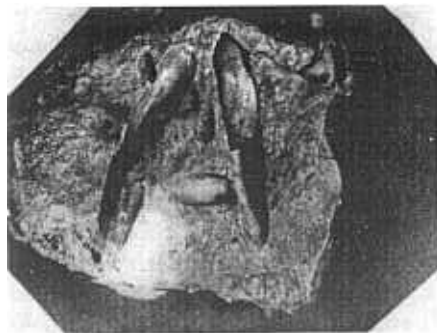


Fig. 5 - Coquilles de tarets, montrant les stries d'accroissement portant des denticulations perforatrices, longueur environ 5 mm.



Fig. 6 - Siphons de tarets sortant du bois: longueur 1 à 2 cm.

lement dans les argiles durcies des environs de La Rochelle. *Barnea candida* est courant dans la tourbe marine.

Certaines espèces tropicales se trouvent généralement dans les structures coralliennes.

La proportion du calcaire détruit annuellement par des moyens chimiques serait  $4,56 \times 10^8$  tonnes d'après Kühnelt.

#### Perforants des bois.

Les organismes les plus dangereux à cet égard appartiennent au groupe des mollusques lamellibranches analogues aux huîtres et aux moules. Le « pied » charnu et musclé sert à la fixation. Les coquilles portent les stries d'accroissement avec des denticulations qui servent à la perforation (Fig. 5).

La larve, petit organisme analogue à une petite palourde de 1/2 à 1/10 mm est la seule forme qui soit libre dans l'eau ambiante. Elle est dite veligère, parce qu'elle porte à son extrémité supérieure des touffes de cils portés par le « velum » qui la rendent mobile. Ces animaux sont « hermaphrodites » et la durée de la vie nageuse dépend de la période d'incubation dans l'organisme maternel.

L'organisme une fois fixé ne quitte plus le substrat et il se creuse sa galerie au fur et à mesure de sa croissance.

Les « tarets » sont spécifiques des bois, sauf une espèce. Ils dérivent des formes précédentes (*Pholades*) par allongement du corps, avec des formes intermédiaires tels que les *Xylophagas*: les deux coquilles ne recouvrent plus qu'une petite partie du corps. Le reste « vermiforme » s'entoure d'un manchon calcaire. Deux « siphons » formés par des replis du manteau servent à l'excrétion et amènent l'eau nécessaire à la respiration (Fig. 6). Cette eau est également chargée de particules nutritives. Ces organismes extrêmement prolifiques, puisque le nombre des oeufs est de l'ordre du million, peuvent détruire dans des délais de quelques semaines pour les mers chaudes, les structures en bois.

Des petits crustacés isopodes ressemblant à des petits cloportes — et également des amphipodes — contribuent à la détérioration (Fig. 7).

Les organismes marins, destructeurs des bois immergés appartiennent donc à d'autres groupes que, sur la terre, à savoir insectes ou champignons. Cependant

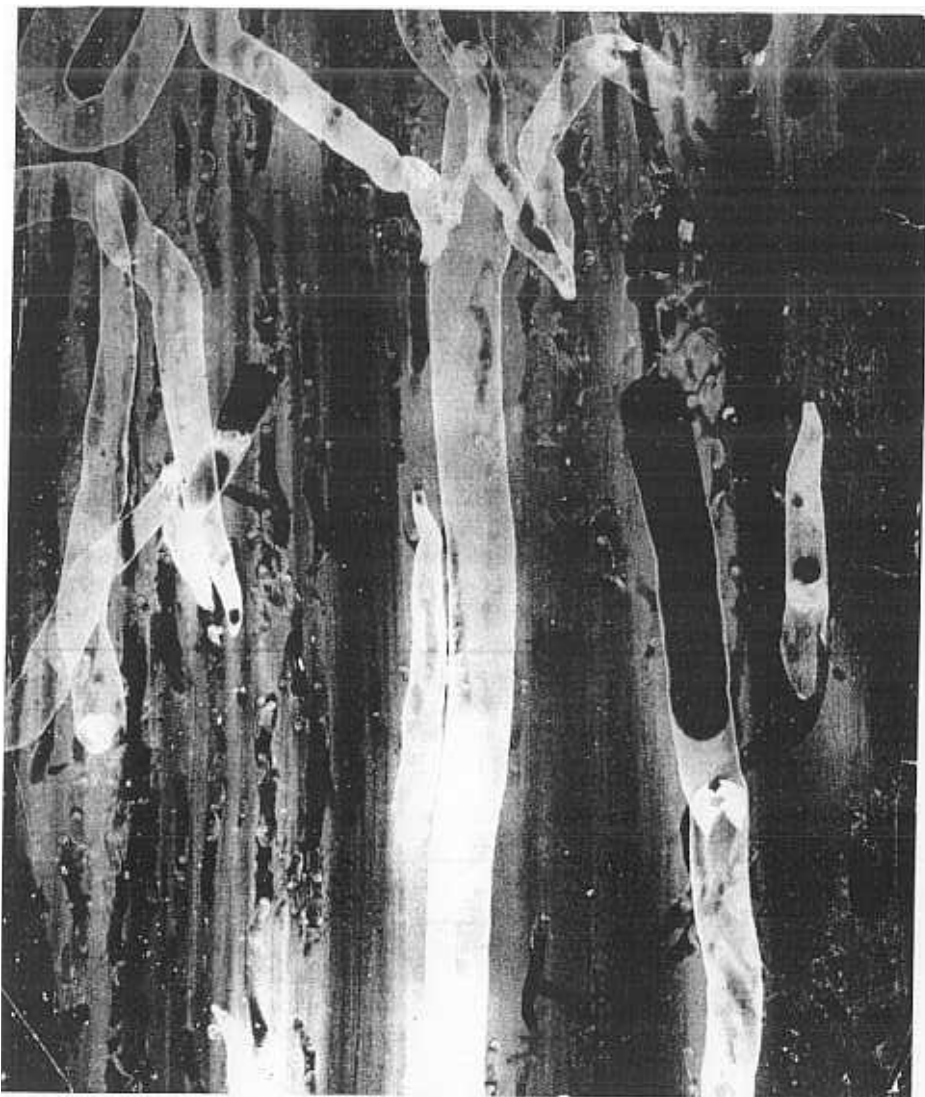


Fig. 7 - Photographie au RU d'un bois de pin d'environ 3 cm. d'épaisseur: elle montre les coquilles des tarts, les pallettes et le manchon calcaire ainsi que la foule des petits crustacés en particulier des limnories, Radiogramme exécuté au Centre technique d'essai du bois, dans le Service dirigé par M. Jacquot. Grandeur naturelle.

dans les eaux portuaires polluées il existe des champignons inférieurs qui faciliteraient l'attaque ultérieure des perforants des bois (G. Becker). Les parties émergées, les cales des navires, en contact d'un côté avec l'air, sont menacées de pourriture produite par exemple par les Tramètes ou les Coniophoras.

Nous voudrions maintenant faire un cours historique, en rappelant quelques cas de destruction particulièrement grave ou curieux, par exemple celui des

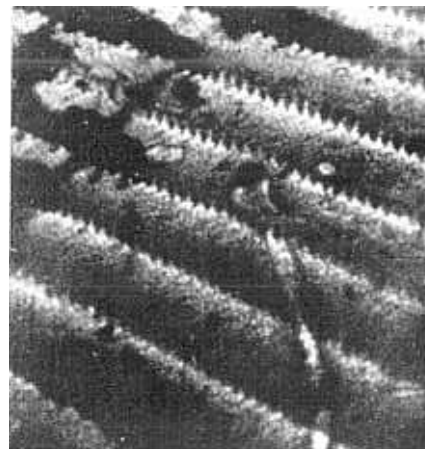


Fig. 8 - Dents de *Teredo navalis*, sur les stries d'accroissement, environ dix stries pour 1 mm.

tarets aux digues de la Hollande en 1733, ou celui des colonnes du temple Sérapis à Pozzuolles près de Naples.

Dans la petite plaine qui sépare la falaise de la mer, trois colonnes de marbre blanc portent des traces de lithophages de 2,7 à 3,6 m. Il y a donc eu un enfoncement (au quatrième siècle) suivi d'un exhaussement (1538 à la formation du Monte Nuovo).

Sur la falaise on voit également au-dessus du niveau de la mer une zone à lithophage.

Ce fait a d'ailleurs détruit l'hypothèse pour le moins curieuse de certains philosophes qui croyaient que les « Pholades s'étaient logées dans les rochers pendant que ceux-ci étaient encore dans un état d'amolissement et que la vertu pétrifiante de l'eau les y avaient ensuite enfermées. Le Docteur Bohads avait répondu victorieusement qu'il n'y avait pas d'ouvriers qui eussent voulu façonner les colonnes du temple de Sérapis creusées dans tous les sens par des vers marins.

#### *Attaque des bois dans la lagune de Venise.*

Giuseppe Olivi signalait déjà, en 1792, la présence et les dégâts du *Teredo Navalis* (Fig. 8), dans la lagune de Venise. Il proposait même un ciment protecteur dont la formule, importé de la Chine, comportait de la chaux vive et des poils de vaches mélangés à de l'huile de noix de coco, auxquels pouvait être substitué un mélange de goudron, de résine et de suif. Une compensation d'ailleurs existait, puisque le taret, « *bissa dei legni* », était considéré comme comestible, comme d'ailleurs aux Philippines.

R. Cormio indique la présence à Venise de *Teredo Navalis* et *Teredo Pedicellata* dans le Robinier *pseudoacacia*.

Nous avons noté la présence de « *Teredo navalis* » dans un pieux échoué devant l'Île de Murano, ainsi que des pieux attaqués dans le « Canal Grande ».

La partie émergée des pieux paraît très sensible à l'attaque des champignons du type méréule. Ils ne sont pas indemnes dans leur partie émergée, d'attaques par des cérambycides.



Ils sont recouverts de fort belles balanes, près du débarcadère de l'aérodrome, d'algues et de bryozoaires également.

Le sommet de ces pieux, qui sont adossés les uns aux autres comme les fusils d'un faisceau, est souvent recouvert d'une couche bituminée. Cela empêche peut être un développement de la pourriture cubique.

Certains des pieux du « Canal Grande » sont entourés d'un manchon de béton, dont l'adhérence paraît faible, souvent il ne rest qu'un anneau à la partie supérieure.

Enfin, nous avons constaté le remplacement en certains points par des pieux en *béton* toujours recouvert d'ailleurs d'un chapeau bituminé.

Nous ne savons si l'affaissement du sol constaté dans la ville est dû à l'attaque par les « tarets », des pilotis de soutènement.

Il n'y a pas de risque pour les parties recouvertes de vase; seule l'eau libre est dangereuse.

C'est là d'ailleurs un phénomène assez général pour les édifices sur pilotis. Nous n'en voulons pour exemple que la tour Saint Nicolas à La Rochelle, un peu penchée comme la tour de Pise.

En tous cas le chêne, d'après une observation que nous avons pu faire à La Rochelle, ne se détériore pratiquement pas, s'il est resté dans la vase. Les pieux datant du quatorzième siècle ne sont pas détériorés.

Un examen du niveau des « salissures » Balanes-Algues, Bryozoaires, nous paraîtrait susceptible d'indiquer le degré d'enfoncement.

Nous ne pensons peut-être pas que des algues recouvraient jadis le quai du « Fondaco dei Turchi ». Le tapis végétal ou animal monte plus si des anfractuosités créent un remous.

#### *Protection préventive.*

Il apparaît en tous cas, qu'en milieu marin, il est nécessaire de protéger les nouveaux pieux par imprégnation, par exemple la « creosote ». (Imprégnation à coeur) très efficace contre les tarets qui paraissent les plus virulents à Venise.

Il est également possible de revêtir les pieux d'une couche de peinture de durée limitée ou de revêtement métallique, cuivre ou cupronickel, ou plastique ou de bétons convenables.

Les méthodes par dégagement électrolytiques de chlore ne paraissent pas être très rentables.

Un courant permanent peut être efficace.

On a aussi essayé les ondes de choc.

D'après F. White des Pholades attaquent les manchons en béton de piliers du port de Los Angelès.

Certaines pierres calcaires des digues de La Rochelle doivent également être remplacées.

En tous les cas étant donné l'éventualité d'une attaque des matériaux dans l'eau de mer, il importe de les choisir en connaissance de cause. Les bétons doivent résister à l'eau de mer et aux organismes. Il faut tenir compte de la qualité et des dimensions des sables et graviers ainsi que des proportions des divers éléments. Cook recommande un ciment contenant moins de 8% d'aluminate de calcium et contenant peu d'eau.

#### PAUL DESCHAMPS DETERIORATION OF CONSTRUCTION MATERIALS IN A MARINE ENVIRONMENT SUMMARY.

*A marine environment is much more dangerous for certain structures than an atmospheric one. Stone structures may have to suffer damage from the work of microorganisms, and wood can be attacked more rapidly than in a land environment. Marble, more or less hardened clay, certain concretes, bricks and gneiss can be perforated. The means can either be mechanical or chemical, and in this case the attack limits itself to calcareous structures. Carbonic acid from respiration can contribute to this dissolution.*

*According to Kühnelt, Lithodomi, Petricolae and Gasteropodes can dissolve limestone. The most active perforants are lamellibranchiate molluscs.*

*The marine organism which attack submerged wood are of the mollusc family, but there are equally small crustacea which perforate it and which belong to the isopod or amphipod family.*

*The molluscs are swimming larvae which are infestant; the crustacea vagant adults.*

*Historically, let us cite the considerable damage caused by "Teredo Navalis" to the dykes of Holland in 1793, the attack on the recovered columns of the temples of Serapis and on the stakes in the lagoon of Venice.*

*It then appears necessary to choose materials, even in certain cases concretes, in full knowledge of the destructive agents, and in the case of submerged wood to utilise some protective substance. This becomes even more necessary, the warmer the water is.*