

# Matériaux bois

## Durabilité. Finitions

par **Marie-Christine TROUY-TRIBOULOT**

Ingénieur, Docteur de l'université Henri-Poincaré, Nancy 1

Diplômée en xylologie fondamentale, Paris VI

Chef de travaux pratiques ENSAM à l'ENSTIB, École nationale supérieure des technologies et industries du bois

et **Pascal TRIBOULOT**

Ingénieur, Docteur-ingénieur de l'université de technologie de Compiègne

Professeur à l'ENSTIB

<b>1. Durabilité.....</b>	C 926 - 2
1.1 Les champignons.....	— 2
1.2 Les coléoptères.....	— 3
1.3 Les termites.....	— 4
1.4 Les classes de risque.....	— 6
1.5 La durabilité naturelle des essences.....	— 6
1.6 La préservation chimique : dans quels cas ?.....	— 7
1.7 Les produits de préservation et les procédés d'imprégnation .....	— 9
<b>2. Finitions .....</b>	— 13
2.1 Spécificités des finitions en bois.....	— 13
2.2 Les vernis .....	— 14
2.3 Les lasures.....	— 14
2.4 Les peintures.....	— 14
2.5 Autres produits .....	— 14
2.6 Entretien et rénovation.....	— 14
<b>Pour en savoir plus.....</b>	Doc. C 927

**C**ertains êtres vivants se nourrissent de bois. La conservation des propriétés du matériau pendant un temps défini nécessite une connaissance des agents biologiques de dégradation (il s'agit surtout des champignons et des insectes, notamment les coléoptères et les termites), de leur mode de développement, et de la résistance naturelle des essences. Le traitement chimique doit être considéré comme une solution de dernier recours permettant de conférer si nécessaire une plus grande durabilité au matériau. Il doit être choisi en fonction des risques et de la durée de vie attendue du produit ou de l'ouvrage en bois.

Par ailleurs, le bois doit également être protégé contre l'agression des agents atmosphériques ; les finitions assurent cette finition et mettent en valeur l'aspect du matériau.

Cet article fait suite à l'article [C 925] Matériaux bois. Structure et caractéristiques.

# 1. Durabilité

## 1.1 Les champignons

### ■ La nutrition

Les champignons ou mycètes ne sont plus considérés aujourd'hui comme des végétaux inférieurs. Ils constituent un règne à part entière et présentent des points communs avec les végétaux (immobilité, présence d'une paroi cellulaire, possibilité d'une propagation végétative) et avec les animaux (hétérotrophie, présence du polysaccharide aminé « chitine » dans les parois cellulaires des champignons et dans l'exosquelette des insectes). Ils ont la particularité de se nourrir par absorption : ils dégèrent la nourriture à l'extérieur de leur corps en libérant des enzymes dans le milieu. Les petites molécules issues de l'hydrolyse enzymatique sont ensuite absorbées par le champignon.

Le fonctionnement des enzymes digestives nécessite la présence d'eau, c'est pourquoi les champignons se développent sur des milieux humides. Concernant les champignons qui attaquent le bois, une réserve doit cependant être émise à propos de la **mérule pleureuse** (*Serpula lacrymans*). Présent surtout au niveau des caves, cet agent de pourriture possède un mycélium intraligneux qui lui permet de s'installer dans le bois et de le digérer et un mycélium superficiel sous forme de voiles ou de cordonnets qui lui permet de « voyager », c'est-à-dire de passer au-dessus de matériaux non attaquables ou à travers des joints de maçonneries, et surtout de transporter l'eau nécessaire à son développement depuis une zone humide précédemment colonisée jusqu'à un bois sec. La mérule peut ainsi en passant à travers les murs envahir plusieurs habitations mitoyennes. C'est le champignon le plus redoutable pour les constructions. La lutte curative contre la mérule débute toujours par la recherche de la source d'humidité dans le local infesté et les locaux adjacents.

Les milieux confinés sont favorables car l'eau produite par la respiration du champignon n'est pas évacuée et contribue à maintenir une certaine humidité dans le milieu.

Les champignons sont des organismes aérobies. Les milieux trop humides ne leur conviennent pas car l'oxygène n'y est plus assez abondant.

L'hétérotrophie (incapacité à utiliser le carbone minéral) des champignons conditionne leur mode de vie : ce sont soit des **parasites** qui vivent au dépens d'autres êtres vivants chez lesquels ils causent une maladie ou un affaiblissement, soit des **symbiotes** s'ils s'associent en symbiose avec d'autres êtres vivants (exemple : les champignons de mycorhize présents au niveau des racines des arbres), soit des **saprophytes** qui se nourrissent de déchets organiques ou d'organismes morts. **Les champignons qui s'attaquent au bois mis en œuvre sont des champignons saprophytes.** On distingue les champignons **lignicoles** et les champignons **lignivores**.

### ■ Les champignons lignicoles : les agents de bleuissage

Ils se nourrissent des substances de réserve présentes dans le bois mais ne possèdent pas les enzymes permettant d'attaquer les constituants structuraux de la paroi cellulaire. Ils provoquent une discoloration du bois, le plus fréquemment un bleuissage, mais les **propriétés mécaniques sont très peu affectées**. Si la qualité du bois est dépréciée, le bois bleu reste apte cependant à de nombreuses utilisations pour lesquelles l'aspect esthétique n'est pas primordial. On note cependant une augmentation de l'imprégnabilité (absorption d'eau accrue) et une diminution de la résistance aux chocs (le peuplier bleu ne peut pas être utilisé pour fabriquer des allumettes). Le bleuissage apparaît rapidement après abattage : pour éviter son apparition il faut soit débiter et sécher rapidement les bois, soit conserver les grumes à une très forte humidité (immersion ou aspersion), soit appliquer un produit de traitement temporaire des bois frais (anti-bleu) par trempage ou aspersion.

Le bleuissage peut aussi apparaître sur du bois mis en œuvre mal séché ou réhumidifié. Il peut même apparaître sous une finition, le développement se faisant à partir de la face brute cachée, et provoquer le détachement du film.

### ■ Les champignons lignivores : les agents de pourriture

Ils sécrètent des enzymes capables d'hydrolyser les constituants structuraux du bois. Les propriétés mécaniques du bois sont gravement affectées. On distingue les pourritures brunes ou cubiques, les pourritures blanches ou fibreuses et les pourritures molles. Les différents qualificatifs employés ne se rapportent pas au champignon lui-même mais à l'aspect du bois attaqué.

● Les agents de **pourritures brunes ou cubiques** (mérule, coniophage, lenzites) digèrent la cellulose du bois. Ils appartiennent à l'embranchement des Basidiomycètes (les spores se forment dans des cellules appelées basides). Le bois attaqué devient **brun** et est parcouru de **fissures** qui le débiteront en petits cubes, comme un bois carbonisé.

● Les agents de **pourritures blanches ou fibreuses** (polypore des caves) digèrent la lignine et également la cellulose. Ce sont des Basidiomycètes. Le bois attaqué devient **blanc** et prend un aspect **fibreux**.

● Les agents de **pourritures molles** s'attaquent à la cellulose. Ils appartiennent à l'embranchement des Ascomycètes (les spores se forment dans des cellules appelées asques). Certains sont des champignons imparfaits (propagation uniquement végétative). Ils nécessitent des taux d'humidité du bois très élevés et sont stimulés par la présence de sels minéraux, tels que les nitrates. Le bois attaqué est **noirâtre** et **ramolli** en surface. Lorsqu'il sèche, il prend un aspect similaire à celui d'un bois attaqué par un agent de pourriture cubique mais les « cubes » sont plus petits.

### ■ La reproduction

L'appareil végétatif (c'est-à-dire assurant la nutrition) des champignons est constitué de filaments microscopiques appelés **hyphes**, formant le **mycélium**. Dans certaines conditions, le champignon forme des structures reproductrices, dont la forme la plus connue est le **carpophore**, composé d'un pied et d'un chapeau. Cependant, si les structures reproductrices (en forme de consoles, d'assiettes, de coraux...) permettent souvent la détection de la présence d'un champignon, elles n'en constituent qu'une petite partie, les dégâts étant faits par le mycélium présent à l'intérieur du bois. Certains champignons ne forment jamais de structures reproductrices, ce sont les champignons dits imparfaits qui produisent des spores par voie asexuée directement à partir du mycélium.

Les **spores**, issues de la reproduction sexuée ou asexuée, sont produites en très grandes quantités et disséminées par l'eau ou par l'air. L'air ambiant contient toujours des spores de champignons. Dès qu'une spore atterrit sur un milieu favorable, elle germe et donne naissance à un nouveau mycélium. Les champignons sont donc toujours potentiellement présents. La préservation des bois consiste à les rendre impropre au développement des champignons. Cette préservation n'est pas forcément chimique.

### ■ La prévention constructive

La digestion extracellulaire des champignons nécessite la présence d'eau dans le milieu. On considère qu'un bois ayant une humidité inférieure à 22 % ne sera pas attaqué par les champignons.

La prévention constructive vise à maintenir le bois à une humidité toujours inférieure à 22 %. Le bois n'atteint cette humidité d'équilibre que dans des conditions extrêmes (plus de 90 % d'humidité relative de l'air quelle que soit la température). Cette humidité critique n'est généralement atteinte qu'en cas d'apport d'eau liquide : pluie, condensation, contact avec un matériau poreux humide... La prévention constructive repose sur deux principes complémentaires qui doivent être respectés pendant toute la durée de vie de l'ouvrage :

- l'eau ne doit pas rentrer dans le bois ;
- si l'eau rentre dans le bois, elle doit pouvoir s'évacuer rapidement.

Pour illustrer ces deux principes, on peut prendre l'exemple d'un bois recouvert d'une couche de peinture imperméable et mis en œuvre à l'extérieur. Dans un premier temps, le film de peinture va permettre de respecter le premier principe. À plus long terme, les mouvements du bois et le vieillissement de la peinture vont entraîner l'apparition de fissures dans le film et l'eau va pouvoir rentrer dans le bois. La présence d'une couche de finition imperméable va alors entraver le séchage du bois qui risque alors d'être maintenu à une humidité favorable au développement des champignons.

Les précautions architecturales relèvent du bon sens :

- limiter les risques de condensation (installer des systèmes d'aération dans les salles d'eau, utiliser des pare-vapeur...) ;
- et, pour les bois mis en œuvre à l'extérieur :
- permettre l'évacuation des eaux de pluie (éviter les grandes surfaces horizontales, usiner des profilés, des rainures chasse-gouttes, prévoir des dispositifs de drainage...) ;
- ne pas mettre en contact direct le bois avec le sol, le béton (utiliser des systèmes d'ancrage métallique pour les poteaux...) ;
- éviter les pièges à eau (simplifier les assemblages, placer les rainures sur les parties basses des pièces, limiter le risque de fente en permettant au bois de bouger librement...) .

Il faut également tenir compte de l'anisotropie du bois. Les coupes transversales (le bois de bout) sont les plus perméables, on évitera donc de les exposer aux intempéries (coupes en biseau, protection en métal ou en matière plastique...). La présence de fil tranché (éléments du bois obliques par rapport aux faces de la pièce) favorise l'entrée d'eau dans le bois. Au contraire, une section parfaitement radiale, obtenue par fendage (la direction privilégiée de fente est la direction radiale), sera relativement imperméable grâce à l'absence de section ouverte d'éléments longitudinaux et aux rayons ligneux formant des lames sur lesquelles l'eau va pouvoir rouler pour peu que la surface soit légèrement inclinée. Les bardaques, tuiles de bois obtenues par fendage, utilisés en couverture ou en bardage, relèvent d'une technique ancestrale.

#### ■ La conservation dans l'eau et ses limites

Un autre moyen pour éviter le développement de champignons dans le bois consiste à maintenir celui-ci à une humidité supérieure à 80 %. Manquant d'oxygène, le champignon ne s'installe pas dans les bois immersés ou aspergés d'eau. Cette particularité a été mise à profit pour conserver les grumes mises à terre par les tempêtes de décembre 1999. Des sites d'aspersion permettent notamment de conserver les plus belles grumes d'épicéa et de sapin. Chez d'autres essences, comme le hêtre, le développement de bactéries anaérobies peut entraîner une modification de la couleur du bois maintenu à une forte humidité. Un développement bactérien peut provoquer une augmentation locale de la porosité et de la perméabilité chez certaines essences.

Les bois immersés dans l'eau de mer ne risquent pas d'être le siège d'une attaque fongique mais n'échapperont peut-être pas aux térébrants marins, notamment au taret, mollusque bivalve, qui, une fois installé dans le bois, utilise ses deux valves comme des outils de forage, son corps allongé étant protégé par la galerie qu'il creuse. Les tarets ne se trouvent que dans les eaux présentant une certaine salinité. Le port de Stockholm est baigné par des eaux dont la salinité est insuffisante pour les tarets : le Vasa, célèbre navire de guerre de soixante-dix mètres de long, qui avait sombré au départ de son voyage inaugural en 1628, a été retrouvé intact et renfloué en 1961.

## 1.2 Les coléoptères

#### ■ Biologie

Les coléoptères responsables des attaques du bois mis en œuvre appartiennent surtout aux familles des Scolytidés (scolytes), des Cérambycidés (capricornes), des Anobiidés (vrillettes) et des Lycti-

dés (lyctus). Ce sont des insectes à métamorphose complète : la larve ne ressemble pas à l'insecte adulte. L'insecte adulte possède deux paires d'ailes : une paire d'ailes scléritifiées – les élytres – recouvre la paire d'ailes membraneuses qui sert aux vols.

Les œufs sont déposés par la femelle adulte sur le bois ou dans le bois, parfois à l'aide d'une tarière de ponte (oviscapte ou ovipositeur), à la faveur de fentes, de joints d'assemblage...

Après éclosion, la larve de premier stade (larve néonate) commence à creuser dans le bois. Les larves xylophages sont adaptées à la vie dans le bois :

- elles sont dépigmentées : elles n'ont pas besoin de se protéger des rayons du soleil, de se camoufler ou d'arborer des couleurs vives pour effrayer les prédateurs puisque toute la vie larvaire se passe à l'intérieur du bois ;
- elles sont molles : elles sont protégées par le bois ;
- elles sont aveugles : elles évoluent à l'obscurité ;
- elles ont des pattes réduites ou absentes : elles rampent à l'intérieur des galeries qu'elles creusent ;
- elles ont des mandibules puissantes et un appareil digestif adapté qui leur permettent de se nourrir de bois. La digestion se fait, selon les insectes, avec ou sans l'aide de symbiotes.

Les insectes sont recouverts d'une cuticule (exosquelette) rigide qui impose une croissance par mue. Le nombre de mues est fixe pour une espèce donnée. Plus les conditions de développement sont bonnes, plus les mues sont rapprochées, plus la durée de vie de l'insecte est courte, plus les générations se succèdent rapidement et plus les dégâts sont importants.

L'insecte vit surtout sous forme larvaire. La larve avale des petites particules de bois qu'elle prélève grâce à ses mandibules. C'est ainsi qu'elle avance dans le bois, creusant des galeries dont le diamètre augmente avec elle. Les constituants qui ne sont pas digérés (déjections) sont rejetés sous forme de vermoulture, plus ou moins compactée, fine ou grossière suivant les espèces. La vie larvaire dure plusieurs mois à plusieurs années. La larve de dernier stade se rapproche de la surface du bois et subit une mue nymphale qui la transforme en nymphe. La nymphe est une forme intermédiaire entre la larve et l'adulte. L'insecte subit une véritable métamorphose, une refonte complète de ses organes internes et externes. Si l'on peut résumer la vie larvaire en un seul mot, « se nourrir », la vie nymphale, elle, consiste à se transformer dans une immobilité totale. Enfin, l'insecte subit une dernière mue, la mue imaginaire, et devient un insecte adulte, ou insecte parfait, ou imago, qui sort du bois en dégageant une ouverture qui aura pu être forée et colmatée par l'insecte lorsqu'il était encore à l'état de larve. Les trous visibles sur les bois attaqués sont des trous de sortie (trous d'envol), dont le diamètre dépend de la taille de l'insecte. La détection de l'attaque se fait souvent tardivement grâce à ces trous, alors qu'une génération au moins s'est déjà développée dans le bois. Généralement l'insecte adulte ne se nourrit pas, il vit quelques semaines pendant lesquelles il se reproduit.

#### ■ Les agents de piqûres noires

Les insectes responsables des piqûres noires sont des **scolytes** (*Platypus cylindrus*, *Xyleborus spp.*, *Xyloterus spp.*) qui s'installent dans les grumes fraîchement abattues et généralement non écorcées. Ce sont des insectes de petite taille, de 3 à 7 mm de longueur. Les adultes creusent des galeries de ponte. Les œufs sont déposés en même temps que des spores de champignons (du genre *Ambrosia*) qui vont se développer dans les galeries et servir de nourriture aux larves, en plus du bois. Le champignon inoculé est un champignon lignicole qui colore les parois des galeries en noir, d'où le nom de piqûres noires. Quand le bois va sécher, le champignon va régresser et l'insecte aussi. Les attaques sont particulièrement fréquentes chez le chêne et le châtaignier et ont souvent lieu sur les parcs à grumes des scieries, dans les zones bien ensoleillées, au printemps. La prévention consiste soit à débiter les grumes avant mars pour les résineux et avant mai pour les feuillus, soit à les maintenir à un taux d'humidité important (aspersion ou immersion), soit à procéder à un traitement chimique de protection

temporaire. Pour une espèce (*Xyloterus lineatus*), on peut utiliser des pièges à phéromones. Les phéromones sont des « odeurs » de communication. Les pièges à phéromones sexuelles permettent d'attirer et de neutraliser une grande quantité d'individus.

Les bois présentant des piqûres noires restent aptes à de nombreuses utilisations, sachant que, après séchage, l'attaque est stoppée.

#### ■ Le capricorne des maisons

Le capricorne des maisons (*Hylotrupes bajulus*) est, avec les termites, l'insecte qui cause le plus de dommages en France. C'est typiquement un insecte des zones tempérées car la température optimale de développement, c'est-à-dire la température à laquelle le cycle vital est le plus court, est voisine de 28 °C, la mue nymphale étant déclenchée par une période de refroidissement. Il s'attaque aux résineux (les bois « neufs » sont les plus attractifs), uniquement dans l'aubier si le bois parfait est duraminisé. Sa progression actuelle s'explique par l'utilisation croissante des résineux dans la construction, car il ne s'attaque qu'aux résineux. La proximité des habitations dans les lotissements lui est favorable car son vol est médiocre. La généralisation du chauffage central favorise également son expansion. C'est un insecte de grande taille, jusqu'à 20 mm de longueur pour les adultes et jusqu'à 25 mm pour les larves.

#### ■ La petite vrillette

La petite vrillette (*Anobium punctatum*) est un insecte de 2,5 à 5 mm de longueur. Elle s'attaque aux résineux et aux feuillus, de préférence déjà infestés par des champignons lignivores. Elle est fréquente dans les locaux humides comme les châteaux ou les églises.

#### ■ La grosse vrillette

La grosse vrillette (*Xestobium rufovillosum*) a une longueur de 5 à 7 mm. Elle doit son surnom d'« horloge de la mort » (« death-watch beetle » en anglais) au fait que les partenaires sexuels s'appellent lorsqu'ils sont encore dans le bois en frappant leur tête contre les parois des galeries, produisant un bruit qui rappelle le tic-tac d'une horloge. Elle s'installe dans les résineux et les feuillus déjà attaqués par des champignons de pourriture qui prédisent en quelque sorte le bois et l'enrichissent en protéines. C'est pourquoi, on trouve souvent cet insecte dans les bois qui subissent ou ont subi dans le passé une humidification propice aux développements fongiques.

#### ■ Les lyctus

Les lyctus (*Lyctus brunneus* et *Lyctus linearis*) sont des petits insectes de 2,5 à 6 mm de long. *Lyctus linearis* est d'origine tropicale. Présent dans le monde entier, il est en progression par rapport à *Lyctus brunneus*. La femelle lyctus dépose ses œufs à l'aide d'une tarière de ponte à l'intérieur de vaisseaux ayant un diamètre supérieur ou égal à 0,07 mm. Les bois attaqués sont donc généralement les feuillus à zone initiale poreuse, le noyer et de nombreux bois tropicaux, uniquement dans l'aubier si le bois parfait est duraminisé. Les lyctus ne peuvent se développer que si le bois contient au moins 3 % d'amidon par rapport à la masse de bois sec. Les bois abattus en hiver sont plus souvent attaqués car l'amidon, qui constitue la forme de réserve la plus répandue chez les végétaux, est stockée par l'arbre en prévision de la reprise de végétation au printemps suivant. Les arbres abattus en avril ou en mai sont moins riches en amidon. Enfin, des substances hydrosolubles présentes dans le bois sont indispensables. Elles peuvent être éliminées en plaçant le bois dans une eau à 60 °C.

La figure 1 illustre la morphologie des différents xylophages.

### 1.3 Les termites

Les termites appartiennent à l'ordre des Isoptères (deux paires d'ailes membraneuses semblables). Ce sont des insectes à métamorphose incomplète : les larves ressemblent aux adultes. Ils

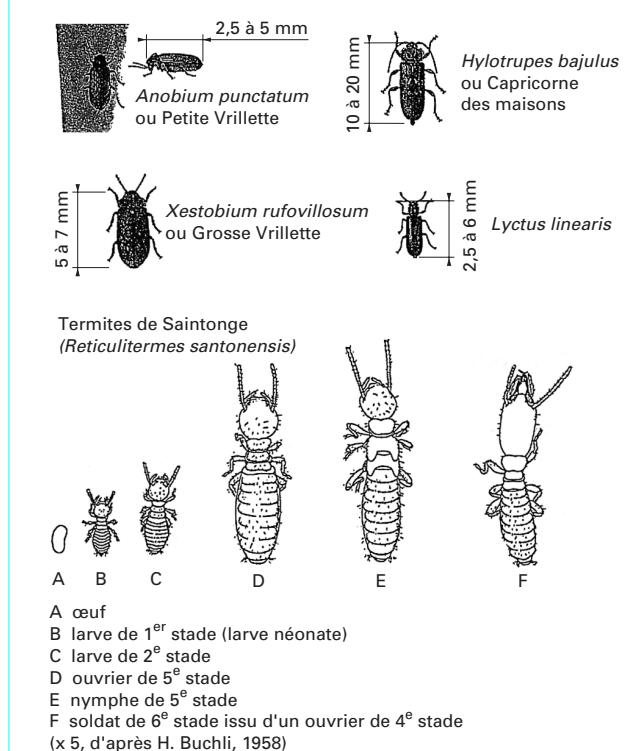


Figure 1 – Morphologie des xylophages

vivent, comme les abeilles et les fourmis, en sociétés organisées en castes. Leur nourriture de base est la cellulose, qu'ils digèrent à l'aide de symbioses. On connaît plus de 2 000 espèces de termites dans le monde et 5 espèces en France, notamment :

- *Reticulitermes lucifugus* : le terme lucifuge ;
- *Reticulitermes santonensis* : le terme de Saintonge ;
- *Kalotermes flavicollis* : le terme à cou jaune.

Les deux premiers sont des termites souterrains qui causent des dégâts de plus en plus importants aux habitations alors que le troisième est un terme du bois sec qui se cantonne généralement à l'attaque des vieilles souches en forêt. **Les termites gagnent chaque année du terrain.** En 1999, 60 départements étaient touchés, notamment dans le grand Sud-Ouest de la France ; une maison sur trois était concernée à Bordeaux et une commune sur quatre dans les Bouches-du-Rhône.

La biologie des termites varie d'une espèce à l'autre : nous nous limiterons aux descriptions concernant les reticulitermes présents sur le territoire métropolitain français.

La termitière se caractérise par un polymorphisme social marqué : les termites de castes différentes présentent des différences physiologiques et anatomiques. On peut distinguer, à l'intérieur d'une colonie, les larves, les ouvriers, les nymphes, les sexués (imaginaux ou néoténiques) et les soldats.

#### ■ Les larves

Les deux premiers stades larvaires sont communs à tous les individus. Les jeunes larves ne possèdent pas de symbioses et ne sont nourries qu'avec de la salive pure par leurs parents s'il s'agit des larves de la première génération d'une colonie naissante ou par les ouvriers. Elles sont petites mais ressemblent déjà aux termites adultes. Après la deuxième mue, la larve s'oriente vers un destin d'ouvrier ou vers un destin de sexué imaginal.

## ■ Les ouvriers et la trophallaxie

Les ouvriers n'acquièrent pas d'attribut particulier par rapport aux jeunes larves, on peut les considérer comme des larves âgées. Les ouvriers de dernier stade mesurent jusqu'à 6 mm. Ils sont dépigmentés, aptères, aveugles et ont des organes génitaux non développés. Ils abritent dans leur système digestif des symbiotes, qui dans le cas des reticulitermes sont des zooflagellés (protozoaires). Les symbiotes prédisent les matériaux cellulosiques (bois, papiers, textiles) ingérés par le terme dans une poche à fermentation. La caste des ouvriers est la plus populeuse. Ils assurent de nombreuses fonctions : construire et entretenir la termitière, aller chercher la nourriture, nourrir les autres, s'occuper des œufs. Ils donnent de la salive pure aux individus qui ne possèdent pas de symbiotes (larves, nymphes, sexués) et un mélange de salive et de particules solides aux individus qui possèdent des symbiotes (soldats). Ils échangent fréquemment entre eux et avec les soldats un aliment produit par voie anale, différent des excréments, et « distribuent » ainsi la faune intestinale (les symbiotes). Les échanges alimentaires constituent la **trophallaxie**, véritable ruminant sociale. Les aliments sont ainsi échangés de nombreuses fois avant d'être expulsés. Comme les termes digèrent une grande proportion des composés du bois, les excréments sont peu abondants et souvent utilisés comme matériau de construction. Les galeries de termes se caractérisent par une absence de vermouiture. Par contre, on y trouve souvent de la terre, amenée par les termes pour leurs travaux de construction.

## ■ Les nymphes

Les nymphes sont destinées à devenir des sexués imaginaires. Elles sont dépigmentées, portent des ébauches alaires, des ébauches oculaires et des organes génitaux immatures. La huitième et dernière mue les transforme en sexués imaginaires.

## ■ Les sexués imaginaires et l'essaimage

Les sexués imaginaires sont les seuls termes pigmentés, possédant des ailes et des yeux, car ils sont amenés à affronter le monde extérieur au cours de l'essaimage. Ils mesurent de 8 à 10 mm de long. En mai-juin, une nuée de sexués imaginaires s'envolent de la termitière. Après un vol plus ou moins long, ils atterrissent et s'accouplent. Les termes de roi et de reine sont souvent employés pour désigner le couple fondateur d'une colonie. Les premiers descendants prennent en charge la construction du nid amorcée par leurs parents qui ne remplissent plus alors qu'un rôle de reproduction. Les œufs sont pris en charge par les ouvriers dès leur sortie.

## ■ Les sexués de remplacement et le bouturage

Une reine sécrète des substances inhibitrices qui empêchent la formation d'autres sexués à l'intérieur du nid. Cependant, lorsque le couple fondateur vient à disparaître, lorsque la termitière s'étend ou lorsqu'une partie de la termitière se trouve isolée par éboulement de terrain ou par transport de matériaux infestés, des ouvriers ou des nymphes peuvent se transformer en sexués de remplacement. On parle de sexués néoténiques car ce sont des individus qui sont reproducteurs, tout en conservant un corps juvénile. Ce mode de propagation s'appelle le **bouturage** et est responsable de l'expansion rapide des zones termitées en France. Les termitières des reticulitermes n'ont rien à voir avec les monticules construits par les termes africains. Elles sont diffuses, s'étendent en continu, contiennent de nombreux sexués de remplacement et il n'est généralement pas possible d'en définir les limites.

## ■ Les soldats

Les soldats sont chargés de la défense de la termitière, le principal ennemi étant les fourmis. Ils mesurent jusqu'à 8 mm de long. Ils sont dépigmentés, aptères, aveugles, et sexuellement immatures. Ils possèdent des mandibules puissantes et une glande frontale qui sécrète du poison qui vient se déverser dans la blessure provoquée par les mandibules. Ils sont nourris par les ouvriers car leurs encombrantes mandibules les rendent incapables de se nour-

rir eux-mêmes. Ils sont formés après deux mues à partir d'ouvriers ou de nymphes, qui échappent en quelque sorte à leur destinée initiale. La production de soldats est régie par des substances inhibitrices transmises par trophallaxie.

## ■ Les dégâts et la détection

Tous les matériaux cellulosiques (textiles, papiers, bois et même des végétaux vivants) peuvent être attaqués, les termes utilisant leur odorat pour les localiser. D'autres matériaux non cellulosiques peuvent être endommagés par les termes s'ils se trouvent sur leur passage et constituent des barrières à traverser.

Chez les reticulitermes, le nid proprement dit, où sont réunis reproducteurs (imaginaires ou néoténiques) et couvain, se tient généralement dans le sol, le couple fondateur s'installant initialement dans une pièce de bois mort au contact de la terre. La société s'étend ensuite en creusant des galeries et des chambres sans organisation précise. Les ouvriers à la recherche de matériaux cellulaires pénètrent dans les constructions par le sol souvent en longeant les tuyauteries souterraines.

Les termes, dépigmentés, craignent la lumière et évoluent toujours discrètement à l'intérieur de galeries qu'ils creusent (même dans des matériaux dont ils ne se nourrissent pas) ou qu'ils construisent à l'aide d'un mélange de terre et de salive qu'ils transportent sous forme de boulette dans leur bouche. L'observation de galeries construites permet de détecter la présence des termes. Elles se présentent sous forme de cordons qui courent le long des murs, parfois de stalactites ou de stalagmites. Les termes peuvent également recouvrir un matériau d'un placard de terre sous lequel ils peuvent travailler à l'abri de la lumière. Les termes, lorsqu'ils construisent, cherchent à utiliser le chemin le plus court et recherchent le contact d'une paroi.

Les termes sont discrets et la détection est souvent tardive. Un projet européen, auquel a participé le CTBA, a permis la mise au point d'un **détecteur acoustique** (*Inadec*) qui permet la détection d'une activité de termes ou de capricornes des maisons.

## ■ Les règles de construction en zone termitée

Les termes ont besoin d'humidité. Même dans les zones arides, les termitières se trouvent généralement à proximité d'une nappe phréatique. L'humidification du sous-sol ou du bois est favorable au développement des termes. Il faut donc éviter :

- les pentes vers la construction qui ramènent les eaux de pluie ;
- les puits perdus près du bâtiment ;
- l'eau de pluie qui s'écoule directement des gouttières sur le sol ;
- les sous-sol, vides sanitaires et caves mal ventilés...

Les termes souterrains arrivant généralement par le sol, il faut isoler la construction :

- par exemple, une maison en bois doit reposer sur des dalles, des dés ou des murs de sous-basement en maçonnerie compacte de bonne qualité sans aucune fissure. Le bâtiment devra être surveillé pour détecter la présence de galeries construites ;
- les canalisations doivent être munies de joints répulsifs ou de collettes de protection ;

— le film d'étanchéité habituellement utilisé pour les sous-basements peut être remplacé par un film polyéthylène sur lequel a été greffée une molécule à la fois répulsive et termicide. Ce produit appelé *Termifilm* a été mis au point en 1995 par la société CECIL en France. La maison se trouve ainsi parfaitement isolée du terrain environnant. Ce procédé constitue une alternative aux barrières chimiques généralement réalisées (produits injectés à la base des murs et dans le sol autour de la maison). En Australie, un grillage d'acier inoxydable très fin est de la même façon placé avant le coulage de la dalle de béton (*Termimesh*). Une autre méthode, également utilisée en Australie, consiste à installer autour du bâtiment à protéger une couche de particules de granit contre lesquelles les termes se blessent mortellement (*Granitguard*).

Tableau 1 – Définition des classes de risque

Classe de risques	Humidité du bois	Possibilité d'apparition des agents biologiques				
		Champignons	Coléoptères	Termites	Tébrants marins	Exemples
1	Toujours inférieure à 20 %	Non	Oui	Oui, dans les régions concernées	Non	Menuiseries intérieures et meubles dans salle de séjour
2	Occasionnellement supérieure à 20 %	Oui	Oui	Oui, dans les régions concernées	Non	Menuiseries intérieures et meubles dans salle de bain. Charpente
3	Fréquemment supérieure à 20 %	Oui	Oui	Oui, dans les régions concernées	Non	Menuiseries extérieures. Bardage
4	En permanence supérieure à 20 %	Oui (risque important)	Oui	Oui, dans les régions concernées (risque important)	Non	Bois au contact du sol ou de l'eau douce
5	En permanence supérieure à 20 %	Oui (risque important)	Oui	Oui, dans les régions concernées	Oui, dans les parties immergées	Bois au contact de l'eau de mer

Les reticulitermes se propagent beaucoup par bouturage. Il faut donc :

- éviter d'utiliser des matériaux provenant de zones termitées (remblais, terre, bois...);
- éviter de stocker du bois de chauffage contre ou dans la maison.

#### ■ Les moyens de lutte

Dans une zone à risques, une barrière chimique, physico-chimique (*Termifilm*) ou physique (*Termimesh*, *Granitguard*) doit limiter le risque d'entrée des termites dans l'habitation.

Tous les bois non durables naturellement doivent être traités.

La trophallaxie est utilisée dans le cadre d'un traitement curatif contre les termites : des poisons à effet retard incorporés à des appâts de nature cellulosique sont placés dans des endroits infestés. Ingérés par des ouvriers, les poisons sont ensuite distribués par eux à l'ensemble des individus avant de faire effet et d'exterminer la colonie entière.

#### ■ La législation

La loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tend à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages. L'occupant, ou à défaut le propriétaire, doit faire une déclaration en mairie dès qu'il a connaissance de la présence des termites dans un immeuble. Cette déclaration, lorsque des foyers importants sont identifiés, pourra faire l'objet d'un arrêté préfectoral délimitant les zones contaminées ou susceptibles de l'être à court terme. Le maire pourra alors enjoindre les propriétaires de procéder dans les six mois à la recherche de termites ainsi qu'aux travaux préventifs ou d'éradication nécessaires. De plus, la vente d'un immeuble situé sur une zone contaminée pourra être annulée par la présence de termites qui constitue un vice caché. La clause d'exonération de garantie pour vice caché ne pourra être stipulée qu'à la condition qu'un état parasitaire datant de moins de trois mois soit annexé à l'acte de vente. Cet état parasitaire sera établi par un expert dont les fonctions devront être exclusives de toute autre activité de traitement préventif, curatif, d'entretien ou de lutte contre les termites. Le CTBA a mis en place une certification d'experts en états parasitaires depuis 1999.

## 1.4 Les classes de risque

Un produit ou une partie d'ouvrage en bois peut être soumis au risque d'agression par un ou plusieurs agents biologiques. Les risques sont variables en fonction du degré d'humidification possible pour le bois. La norme EN-335 définit cinq classes de risque (tableau 1).

La définition de la classe de risque est nécessaire car d'elle dépend le choix de l'essence et éventuellement le choix d'un traitement chimique. En cas de doute, on partira de l'hypothèse d'une classe de risque supérieure.

## 1.5 La durabilité naturelle des essences

La durabilité naturelle du bois n'est liée à aucune autre propriété, ni la couleur, ni la densité, il est impossible de la « deviner » ou de la prévoir. La connaissance de cette durabilité passe obligatoirement par des essais biologiques de laboratoire ou de champ. La norme EN 350-2 donne la durabilité des essences commerciales les plus courantes. Ce n'est pas une notion absolue. Il convient de préciser la durabilité naturelle d'une essence vis-à-vis de chacun des agents biologiques.

#### ■ La durabilité vis-à-vis des champignons lignivores

Elle est évaluée selon 5 niveaux qui donnent une indication sur le comportement d'un bois au contact du sol (classe de risque 4) :

- niveau 1 : très durable ;
- niveau 2 : durable ;
- niveau 3 : moyennement durable ;
- niveau 4 : faiblement durable ;
- niveau 5 : non durable.

Les informations concernant la durabilité naturelle des essences vis-à-vis des champignons et figurant dans la norme EN 350-2 ne concernent que le bois parfait, l'aubier de toutes les essences étant de classe de durabilité 5.

Nous souhaitons attirer l'attention du lecteur sur la confusion qui peut exister entre les classes de risque et les classes de durabilité : si on parle d'une essence en disant qu'elle est de classe 4, on veut généralement dire qu'elle est très durable vis-à-vis des champignons (classe de durabilité naturelle vis-à-vis des champignons lignivores de niveau 1) et qu'elle peut donc être utilisée sans traitement en classe de risque 4.

### ■ La durabilité naturelle vis-à-vis des insectes coléoptères à larve xylophage

Pour chacun des insectes, une classification à deux niveaux a été adoptée :

- D : durable ;
- S : sensible.

Les informations données concernent **uniquement l'aubier** car le bois parfait, lorsqu'il est duraminisé, est toujours résistant. Si le bois est sensible dans tout son volume (aubier et bois parfait), l'indication donnée dans les tableaux est « SH ». La durabilité des feuillus vis-à-vis du capricorne des maisons n'est pas donnée car cet insecte s'attaque exclusivement aux résineux.

### ■ La durabilité naturelle vis-à-vis des termites

On utilise une classification à trois niveaux :

- D : durable ;
- M : moyennement durable ;
- S : sensible.

Les informations données ne concernent que le bois parfait, l'aubier de toutes les essences étant sensible. Un bois est classé « durable » lorsque l'attaque est faible mais pas forcément absente.

### ■ Quelques exemples

Le tableau 2 établi à partir de la norme EN 350-2 donne les durabilités de quelques essences.

Le Western Red Cedar et le teck bénéficient souvent d'une réputation de bois imputrescible. Cet adjectif ne s'applique à aucune matière organique naturelle et donc à aucun bois. Tout bois est amené à être biodégradé à plus ou moins long terme. En zone tempérée, les agents de biodégradation les plus efficaces sont les champignons ; en zone tropicale, ce sont surtout les termites qui permettent la disparition des arbres morts et le recyclage des éléments. Cependant un bois tropical mis en œuvre en zone tempérée

finira par pourrir s'il est placé suffisamment longtemps dans des conditions d'humidité favorables aux champignons. La durabilité du bois traduit en fait le temps nécessaire pour la biodégradation du matériau. **Aucun bois n'est imputrescible** et ce terme ne devrait pas être employé car il encourage certains utilisateurs à faire l'économie des précautions architecturales nécessaires pour assurer le maintien des performances du matériau pendant toute la durée de service attendue. De plus, la prévention constructive, qui permet, en limitant les sources d'humidification du bois, de réduire le risque d'attaque fongique, a également une action positive sur la réduction des mouvements du bois et du risque d'apparition de fente. Le choix d'un bois pour une utilisation à l'extérieur ne doit pas uniquement être motivé par sa durabilité naturelle mais également par sa stabilité en service (voir tableau 15 en [C 925]). Le teck et le doussié sont des bois qui présentent à la fois une bonne durabilité naturelle et une bonne stabilité en service ; il reste à savoir si leur utilisation peut rester économiquement et écologiquement supportable.

## 1.6 La préservation chimique : dans quels cas ?

### ■ Méthodologie de décision

La norme EN 335 donne une séquence de méthodologie générale de décision pour choisir le bois massif approprié à la classe de risque à utiliser, représentée par la figure 2.

Cet arbre de décision montre que le traitement chimique est effectivement une solution de dernier recours. Il peut être évité ou minimisé si :

- une conception réfléchie permet de limiter les risques d'humidification ;
- le choix du bois se porte sur une essence suffisamment durable naturellement.

La norme EN 460 est un guide d'exigences de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque. Le tableau 3, extrait de cette norme, permet de répondre à la question suivante : *Pour une classe de risque donnée et pour une classe de durabilité vis-à-vis des champignons lignivores donnée, un traitement fongicide s'impose-t-il ?* Le traitement insecticide, quant à lui, est toujours nécessaire si l'essence est sensible quelle que soit la classe de risque considérée.

Tableau 2 – Durabilité naturelle des essences

Nom commercial	Durabilité naturelle			
	Champignons	Capricornes des maisons	Petite vrillette	Termes
Sapin et épicéa	4	SH	SH	S
Pin sylvestre et mélèze	3-4	S	S	S
Western Red Cedar	2 ou 3 selon provenance (1)	S	S	S
Chêne et châtaignier	2		S	M
Robinier (faux acacia)	1-2		S	D
Doussié	1		Pas de données	D
Ipé	1-2		Pas de données	D
Teck	1 ou 1-3 selon provenance (2)		Pas de données	M à S selon provenance

(1) Le Western Red Cedar des forêts naturelles d'Amérique du Nord est plus durable que celui issu des plantations du Royaume-Uni.

(2) Le teck des forêts naturelles d'Asie est généralement plus durable que celui issu des plantations asiatiques ou africaines. Le premier est nettement plus cher que le second et il ne faut pas oublier que la tendance actuelle est de préserver les forêts naturelles.

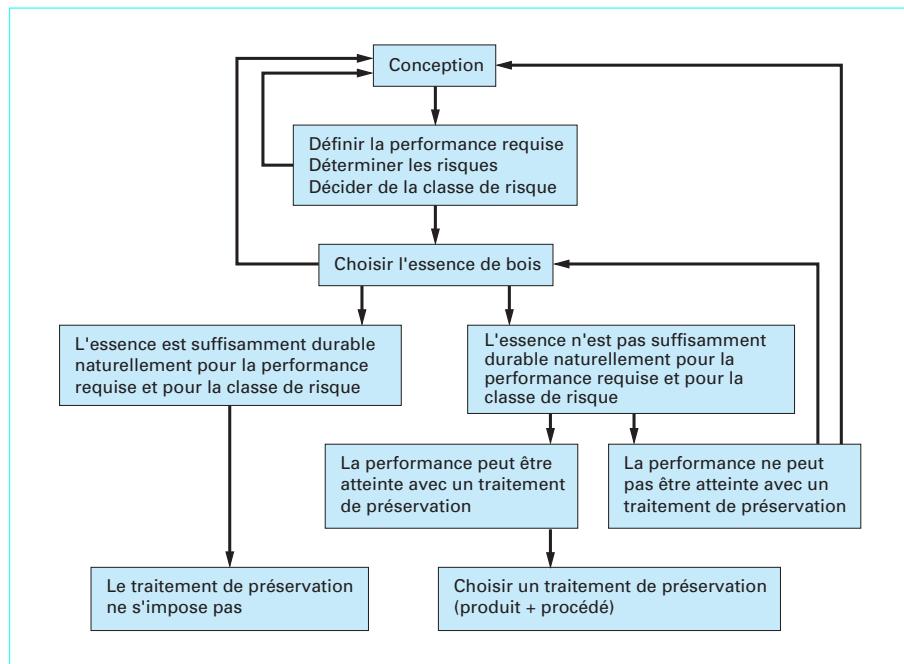


Figure 2 – Logique de décision

Tableau 3 – Classe de durabilité et classe de risque

Classe de risque	Classe de durabilité vis-à-vis des champignons lignivores (1)				
	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	(0)	(0)
3	0	0	(0)	(0) – (x)	(0) – (x)
4	0	(0)	(x)	x	x
5	0	(x)	(x)	x	x

(1) 0 : durabilité naturelle suffisante ;  
 (0) : durabilité normalement suffisante ;  
 (0) – (x) : suivant les cas, durabilité naturelle suffisante ou traitement nécessaire ;  
 (x) : traitement de préservation normalement recommandé ;  
 x : traitement de préservation nécessaire.

À partir de ce tableau et des informations contenues dans la norme EN 350-2, le CTBA propose les prescriptions données dans le tableau 4 permettant de définir les durabilités naturelles d'une essence qui peuvent lui conférer une résistance vis-à-vis des risques biologiques d'une classe de risque considérée, termes exclus. Le tableau reprend les essences les plus courantes. Les informations données concernent uniquement le bois parfait ou duramen.

Parmi les essences figurant dans le tableau 4, seuls le robinier, le doussié et l'iroko sont considérés comme durables vis-à-vis des termites.

La méthodologie de décision tient compte des performances requises. En classe de risque 1, on peut, par exemple, choisir de ne pas traiter un meuble d'usage courant en hêtre ou en sapin, préfér-

Tableau 4 – Utilisation des bois en l'absence de traitement

Essence	Classe de risque			
	1	2	3	4
<b>Résineux</b>				
Douglas	Oui	Oui	Oui	Non
Épicéa	Non	Non	Non	Non
Mélèze	Oui	Oui	Oui	Non
Pin sylvestre	Oui	Oui	Oui	Non
Sapin	Non	Non	Non	Non
Western Red Cedar	Oui	Oui	Oui	Non
<b>Feuillus des zones tempérées</b>				
Châtaignier	Oui	Oui	Oui	Oui
Chêne blanc européen	Oui	Oui	Oui	Oui
Chêne rouge américain	Oui	Oui	Non	Non
Hêtre	Non	Non	Non	Non
Peuplier	Non	Non	Non	Non
Robinier (faux acacia)	Oui	Oui	Oui	Oui
<b>Feuillus des zones tropicales</b>				
Doussié	Oui	Oui	Oui	Oui
Iroko	Oui	Oui	Oui	Oui
Sipo	Oui	Oui	Oui	Non
Teck	Oui	Oui	Oui	Oui

rant changer le meuble si une attaque d'insectes survient plutôt qu'utiliser un traitement chimique préventif. Par contre, si le bois mis en œuvre n'est plus ni accessible, ni facilement remplaçable, le bois doit absolument être durable naturellement ou traité, au risque de devoir réaliser des travaux très lourds si l'attaque survient. Nous avons eu l'occasion d'expertiser une maison infestée par le capricorne des maisons : l'insecte était présent dans les cloisons à ossature bois recouvertes de part et d'autre par des plaques de plâtre. Dans ce cas, le traitement curatif du bois est impossible et l'éradication de l'insecte passe par le démontage des cloisons.

En classes de risque 1 et 2, la performance d'une essence suffisamment durable assure une durée de service qui peut atteindre plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires.

En classe de risque 3, une essence suffisamment durable aura une durée de service de plus de 25 ans.

En classe de risque 4, les risques sont élevés et la durée de service d'un bois même traité n'excède jamais 50 ans. Si cette classe de risque ne peut pas être évitée par une conception réfléchie, il convient de se poser la question de la durée de service attendue car elle motivera le choix du bois. Le chêne par exemple peut être utilisé en classe de risque 4 sans traitement, sa performance sera généralement de plus de 10 ans. Le pin sylvestre traité en autoclave avec une formulation de sels métalliques CCA (chrome, cuivre, arsenic) sous forme de bois rond supportera un contact eau-sol pendant plus de 20 ans, la couronne d'aubier périphérique parfaitement imprégné de CCA protégeant efficacement le duramen central, présentant une durabilité naturelle insuffisante et une imprégnabilité faible.

### L'imprégnabilité et les moyens de l'améliorer

Lorsque l'essence n'est pas suffisamment durable pour la classe de risque et les performances requises, il faut envisager un traitement de préservation, qui ne pourra être correct que si l'essence est suffisamment imprégnable. L'imprégnabilité est définie comme la facilité avec laquelle un bois peut être pénétré par un liquide (comme par exemple un produit de préservation). Dans la norme EN 350-2, une classification à 4 niveaux est utilisée :

- niveau 1 : imprégnable ;
- niveau 2 : moyennement imprégnable ;
- niveau 3 : peu imprégnable ;
- niveau 4 : non imprégnable.

Il n'y a pas d'essais normalisés de l'évaluation de l'imprégnabilité : les informations données découlent de constatations générales rencontrées lors de l'application de traitement vide-pression en autoclave. Le tableau 5 donne quelques exemples.

Tableau 5 – Imprégnabilité des bois

Essence	Largeur de l'aubier	Imprégnabilité	
		Bois parfait	Aubier
Douglas	2 à 5 cm	4	3 ou 2-3 selon provenance
Épicéa	Non différencié	3-4	3 variable
Mélèze	2 à 5 cm	4	2 variable
Pin sylvestre	2 à 10 cm	3-4	1
Sapin	Non différencié	2-3	2 variable
Chênes	2 à 5 cm	4	1
Hêtre	Non différencié	1	1

Quelle que soit son imprégnabilité, on considère qu'une essence peut recevoir un traitement de préservation correct pour les classes de risque 1, 2 et 3 avec des produits et des procédés adaptés.

Par contre, en classe de risque 4, les exigences de pénétration sont telles qu'une faible imprégnabilité peut être rédhibitoire.

Les essences à aubier différencié ont généralement un duramen peu à non imprégnable et un aubier imprégnable ou moyennement imprégnable. Le duramen ne peut être traité qu'en surface et son comportement va alors surtout dépendre de sa durabilité naturelle. L'aubier qui, quelle que soit l'essence n'est jamais durable, va généralement pouvoir être traité en profondeur si cela est nécessaire (cas d'un traitement pour une classe de risque 4). On peut cependant noter que l'imprégnabilité de l'aubier de douglas est faible et est donc susceptible de limiter la profondeur de pénétration d'un produit de préservation : le douglas ne peut donc pas être utilisé en classe de risque 4, même avec traitement, sauf si l'imprégnabilité est améliorée. Il en est de même pour l'épicéa qui est peu à non imprégnable dans tout son volume. Parce que les pins ont des aubiers parfaitement imprégnables, ce sont les essences les plus utilisées avec traitement, en classe de risque 4. Pour ces essences, les bois ronds présentent de meilleures performances que les bois équarris grâce à la couronne d'aubier périphérique (la durabilité conférée à l'aubier par un traitement CCA est supérieure à la durabilité naturelle du duramen de pin). Nous pouvons rappeler que l'imprégnabilité des résineux est liée à l'ouverture des ponctuations aréolées et à leur fermeture au cours de la duramination ou du séchage du bois (cas de l'épicéa).

Chez les feuillus, la mauvaise imprégnabilité est liée à l'obstruction des vaisseaux, notamment par des thylles, formés au moment de la duramination. Le hêtre, qui ne subit pas de duramination, est non durable mais parfaitement imprégnable dans tout son volume (cependant, le hêtre est rarement utilisé en classe de risque 4, surtout à cause de sa nervosité) alors que le bois parfait duraminisé de chêne possède une certaine durabilité naturelle mais n'est pas imprégnable, l'aubier de chêne étant non durable et parfaitement imprégnable. Certaines essences à aubier non différencié présentent une coloration du cœur appelée faux duramen (exemple : cœur rouge du hêtre). Le faux duramen n'est pas plus durable que l'aubier, par contre il est souvent non imprégnable.

L'amélioration de l'imprégnabilité est surtout appliquée aux bois ronds de résineux.

Elle peut se faire de deux façons :

— par incision ou perforation : le bois passe par exemple entre des rouleaux hérissés de lames qui pratiquent des incisions, à travers lesquelles le produit va pouvoir pénétrer ;

— par traitement thermique : le procédé Estrade consiste à placer dans un four à 100 °C pendant 48 heures les bois ronds : des microfendilllements apparaissent et augmentent la profondeur de pénétration du produit au cours du traitement ultérieur.

Ces deux traitements n'affectent pas les propriétés mécaniques sur les pièces de structure de grosses sections.

## 1.7 Les produits de préservation et les procédés d'imprégnation

Un traitement de préservation est constitué d'un produit et d'un procédé, chaque formulation étant adaptée à certains procédés d'application et pas à d'autres. Les paramètres de traitement doivent être adaptés en fonction de l'essence et des performances visées. Nous n'évoquerons pas ici les traitements pratiqués par les particuliers, ni les traitements curatifs, mais uniquement les traitements préventifs réalisés industriellement. Les principes actifs largement utilisés il y a seulement dix ans ont été abandonnés au profit de nouvelles matières actives, dont l'impact sur l'environnement est contrôlé et l'utilisation fortement réglementée (directives européennes concernant les biocides).

Les produits de préservation des bois peuvent être classés en trois grands groupes :

- les **produits hydrosolubles** ;

— les **produits en solvant pétrolier**, qui se présentent de plus en plus sous forme de produits hydrodispersables ;

— les **huileux naturels**.

Les procédés d'imprégnation font appel à différents mécanismes physiques qui sont :

- la diffusion (**trempage-diffusion**) ;
- la dilatation par la chaleur (traitement **chaud-froid**) ;
- le **vide** et la **pression** (traitements en **autoclave**) ;
- la **capillarité** (trempage court, aspersion, badigeonnage).

Les différentes stations de traitement doivent être **en conformité avec la réglementation des installations classées**.

#### ■ Les produits hydrosolubles

Les produits hydrosolubles contiennent des sels minéraux et quelquefois des molécules organiques (produits mixtes). Les formulations les plus utilisées sont celles qui contiennent des **sels de chrome, de cuivre et d'arsenic** (CCA). Grâce à une fixation chimique dans le bois, les formulations CCA sont très résistantes au lessivage. Malgré la toxicité des matières actives, une très bonne fixation du produit dans le bois diminue considérablement les impacts sur l'environnement des eaux de ruissellement. La fixation chimique du CCA est accélérée par la chaleur : une période de fixation est prévue après imprégnation, éventuellement dans une installation permettant le chauffage du bois. Parce que les CCA sont des sels fixants, la pénétration du bois doit être rapide : les CCA sont uniquement appliqués par traitement vide-pression en autoclave. Ils peuvent couvrir toutes les classes de risque, mais sont surtout utilisés pour les **classes 3 et 4**.

Il existe aujourd'hui sur le marché des produits pour la **classe de risque 4**, sans chrome et sans arsenic, principalement utilisés pour l'instant en France pour l'aménagement des aires de jeux pour enfants. Ce sont des produits mixtes contenant des **sels de bore et de cuivre et des molécules organiques** : nous avons encore peu de recul sur ces produits récents.

Les produits hydrosolubles non fixants mixtes (**sel de bore + ammonium quaternaire**) peuvent être appliqués par vide-pression, par trempage-diffusion ou par le procédé chaud-froid et sont réservés aux **classes de risque 1, 2 et 3**.

Les produits hydrosolubles contenant du cuivre colorent le bois en vert, ce qui peut parfois apparaître comme un inconvénient. Il existe des produits de finition verts destinés à procurer une teinte rénovatrice au bois traité qui se ternit au cours du temps. La coloration d'une des matières actives permet de visualiser le traitement ce qui simplifie le contrôle de la profondeur de pénétration, rassure l'utilisateur, et pourrait faciliter la traçabilité des bois traités.

Le principal problème des bois traités au CCA est le recyclage en fin de vie (cf. plus loin « Déchets de bois traités »).

Les bois traités avec des sels hydrosolubles peuvent être collés, vernis, lasurés, peints et mis au contact de matériaux poreux.

#### ■ Les produits en solvant pétrolier

Ils contiennent une ou plusieurs matières actives solubilisées dans un solvant pétrolier. Les matières actives insecticides les plus utilisées à l'heure actuelle sont les **pyréthroides** (perméthrine, cyperméthrine) ; le lindane et l'aldrine sont aujourd'hui interdits. Les fongicides organiques les plus utilisés sont les composés de la famille des **triazoles** (azaconazole, tébuconazole, propiconazole), le pentachlorophénol (PCP) étant aujourd'hui fortement réglementé et pratiquement plus utilisé. Les pyréthroides et les triazoles ne sont pas des COV (composés organiques volatils) et ne nuisent pas à la qualité de l'air à l'intérieur des habitations.

Il existe des produits uniquement insecticides pour la classe de risque 1. Par contre il n'existe pas de produits de préservation

industriels uniquement fongicides, le risque insecte existant toujours, quelle que soit la classe de risque.

Une résine est incorporée au produit pour permettre la fixation physique des matières actives : elles sont en quelque sorte « collées » dans le bois.

Les produits en solvant pétrolier sont de plus en plus souvent vendus **sous forme hydrodispersable** : les matières actives sont solubilisées dans des gouttelettes de solvant pétrolier, en suspension dans l'eau. Des agents émulsifiants assurent la stabilité des formulations. Leur avantage est de permettre une utilisation moindre de solvant pétrolier. On note cependant une meilleure pénétration des produits en phase solvant.

Les procédés d'application des produits en solvant pétrolier et des produits hydrodispersables sont l'**aspersion sous tunnel** (classes de risque 1 et 2), le **trempage court** (classes de risque 1, 2 et 3 seulement en cas de risques réduits) et l'**autoclave double vide** (classes de risque 1, 2 et 3).

Le bois traité doit être mis en œuvre après évaporation totale des solvants. La mise en contact de bois traités avant séchage complet avec des plaques de plâtre peut occasionner l'apparition de taches sur le plâtre et le papier peint qui le recouvre dans le cas de cloisons à ossature bois.

#### ■ Les huileux naturels

La **créosote** est un produit huileux naturel issu de la distillation de la houille entre 100 et 500 °C. Elle contient de nombreuses molécules différentes et a une action à la fois **insecticide, fongicide et hydrofuge**. Le bois créosoté est noir, dégage une odeur forte et ne peut être ni collé, ni verni, ni mis au contact de matériaux poreux. Dans la pratique, ce produit est réservé au traitement des poteaux de télécommunication, parfois uniquement de la partie enterrée, et des traverses de chemin de fer. La créosote utilisée pour le traitement des bois est le principal responsable des pollutions dues aux hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HAP), qui peuvent causer des cancers chez l'homme et exercer une action nocive sur les poissons et d'autres composantes de la vie aquatique. Aujourd'hui, la composition de la créosote a été modifiée et sa teneur en HAP a diminué de 40 %. La directive CEE 94/60 fixe les teneurs maximales en benzo-alpha-pyrène (BAP) et en phénols solubles, et interdit l'utilisation de bois créosotés à l'intérieur des bâtiments, sur les aires de jeux ou pour tout contact avec des denrées alimentaires ou agricoles. Des études réalisées par le CTBA ont montré que les bois créosotés ne devaient pas être mis au contact direct avec l'eau car les solutions délavées issues de ces bois sont peu biodégradables et très écotoxiques.

La créosote est appliquée uniquement par autoclave vide-pression, l'autoclave étant généralement équipé d'un système de chauffage qui permet de diminuer la viscosité du produit et d'améliorer sa pénétration à l'intérieur du bois. Il existe des autoclaves basculants qui permettent de ne traiter que le pied des poteaux.

#### ■ Les procédés par diffusion

La diffusion est un échange d'ions entre deux milieux liquides de concentrations différentes.

Le trempage-diffusion consiste à tremper le bois d'une humidité supérieure à 50 % dans une solution concentrée de sels hydro-solubles non fixants, généralement à base de bore, pendant plusieurs heures. Le bois est ensuite maintenu sous abri pendant au moins dix jours pour permettre aux sels de diffuser à l'intérieur des pièces. Le traitement convient surtout pour les classes de risque 1 et 2, car les sels non fixants sont délavables.

La technique des implants boraciques fait également intervenir la diffusion. Ce traitement, à la fois curatif et préventif, consiste à placer dans le bois des bâtonnets de produits concentrés solides, aux endroits qui risquent de s'humidifier, par exemple au niveau des assemblages d'une menuiserie extérieure. L'humidification accidentelle du bois va provoquer la diffusion du bore à l'intérieur

du bois qui sera alors préservé d'une attaque fongique. Cette protection ciblée est prometteuse car elle évite de traiter massivement des éléments de bois alors que seules certaines parties risquent de s'humidifier.

### ■ Le procédé chaud-froid

Le bois est préchauffé à l'eau chaude ou à la vapeur à 80 °C pendant 1 heure et demi à 2 heures. Il est ensuite immédiatement immergé dans la solution de traitement froide (moins de 20 °C), pendant au moins 30 minutes. La pénétration du produit dans le bois est due d'une part au phénomène d'aspiration du produit par le bois dilaté par la chaleur puis rétracté au contact du liquide froid, et d'autre part à la diffusion. Les produits adaptés à ce traitement sont les produits hydrosolubles non fixants.

Le bois ainsi traité peut être utilisé en classes de risque 1 et 2, et parfois 3. La frise aubueuse de chêne destinée à la fabrication de fenêtres, peut être ainsi traitée, avant toute autre opération (séchage, usinage, collage, finition), le traitement permettant en effet de traiter en profondeur toutes les parties d'aubier.

### ■ Les procédés en autoclave

Un autoclave est une enceinte hermétique de forme cylindrique reliée à une cuve de stockage du produit, à une pompe à vide et à une pompe à pression. Un système de commande automatisé permet de programmer et de suivre le déroulement des cycles d'imprégnation. On distingue les procédés à cellules pleines et les procédés à cellules vides.

Une imprégnation à **cellules pleines** se déroule de la façon suivante :

- vide initial (maximum 0,2 bar absolu pendant 30 à 60 min) appliqué sur le bois seul : l'air contenu dans les cellules de bois est extrait ;
- remplissage de l'autoclave avec le produit : le bois absorbe une certaine quantité de produit ;
- surpression d'au moins 7 bar jusqu'à refus : le produit est poussé à l'intérieur du bois (le « refus » est atteint lorsque l'absorption de produit par le bois devient faible, par exemple inférieure à 5 litres de produit par mètre cube de bois par 15 min) ;
- vidange de l'autoclave ;
- vide de ressuyage (minimum 0,2 bar absolu pendant 10 min) : l'excès de produit dans les couches cellulaires superficielles du bois est éliminé.

Une imprégnation à **cellules vides**, couramment utilisée pour les créosotes, est réalisée sans vide initial :

- pression initiale sur le bois (2 à 4 bar pendant 10 min) : l'air à l'intérieur des cellules est comprimé ;
- remplissage de l'autoclave avec le produit en maintenant la pression ;
- surpression jusqu'à 6 à 8 bar jusqu'à refus (pendant 20 à 180 min selon les essences) ;
- vidange de l'autoclave : au moment du retour à la pression atmosphérique, l'air présent dans les cellules « pousse » le produit dans les parois ;
- vide de ressuyage.

Les cycles vide-pression décrits précédemment permettent d'introduire du produit dans toutes les zones de bois imprégnable mais jamais dans les bois réfractaires.

Un autre cycle, appelé **cycle à vide et pression alternés**, consiste à faire subir à des bois verts et ronds une alternance de périodes de vide et de surpression, pendant plus de 22 heures. Ce procédé n'est pas adapté aux CCA qui sont trop fixants pour un cycle aussi long, mais plutôt aux produits sans arsenic (CCB : chrome, cuivre, bore) ou sans arsenic et sans chrome (produits mixtes contenant des sels de cuivre, de bore et des molécules organiques). Ce traitement donne des résultats satisfaisants même sur une essence réfractaire comme l'épicéa mais à cause des contraintes engen-

drées en termes d'état initial de bois, de matériel et de temps, ce procédé est encore peu utilisé.

Les procédés vide-pression permettent de traiter le bois pour toutes les classes de risque. C'est le seul traitement possible pour les bois traités en classes de risque 4 ou 5. Les produits adaptés à ces procédés sont les produits hydrosolubles et les créosotes.

Les produits en phase solvant et les produits hydrodispersables peuvent être appliqués en autoclave par un procédé ne faisant intervenir que le vide ou éventuellement une pression limitée. Ce procédé appelé **double vide** correspond au cycle suivant :

- vide initial ;
- remplissage de l'autoclave ;
- éventuellement surpression ne dépassant pas 2 bar ;
- vidange de l'autoclave ;
- vide de ressuyage.

Ce traitement permet d'obtenir des profondeurs de pénétration convenable pour les classes de risque 1, 2 et 3.

### ■ Les procédés par capillarité

Les produits qui pénètrent dans le bois par capillarité sont les produits en phase solvant et les produits hydrodispersables. Ils sont appliqués par aspersion sous tunnel, par trempage court ou par badigeonnage.

L'aspersion sous tunnel permet un arrosage automatique et abondant de toutes les surfaces et une récupération du produit ruisseau. Ce procédé peut être utilisé pour traiter les bois en classes de risque 1 et 2.

Le trempage court consiste à plonger les bois dans un bac contenant le produit pendant quelques minutes, à l'aide d'un système de descente et de maintien des charges en immersion. Le bois traité peut être utilisé en classes de risque 1, 2 et éventuellement 3 si les risques sont jugés réduits ou si les pièces sont de petite section.

Le badigeonnage au pinceau ou à la brosse est plutôt considéré comme un traitement de rattrapage qui permet de traiter le bois mis en œuvre, par exemple une section mise à nue au moment d'une découpe sur chantier.

### ■ Les valeurs critiques et les exigences de pénétration et de rétention

Le fabricant d'un produit de préservation doit fournir les valeurs critiques de ce produit. La **valeur critique est la quantité minimale de produit devant être introduite dans le bois pour être efficace**. Elle s'exprime en grammes par mètre carré pour les traitements de surface (aspersion sous tunnel, trempage court, autoclave double vide) ou en kilogrammes par mètre cube pour les traitements en profondeur (trempage-diffusion, chaud-froid, autoclave vide-pression). Pour un même produit, elle peut varier en fonction de la classe de risque, de la nature des bois traités (résineux ou feuillus) et d'une protection attendue ou pas contre les termites.

La norme NF EN 351-1 concerne la classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation.

L'**exigence de pénétration est la profondeur minimale que doit ou doivent atteindre dans le bois la ou les matières actives de la formulation**. La norme donne une classification selon 9 niveaux notés P1, P2...P9. P1 correspond à une absence d'exigence et P9 correspond à une exigence de pénétration du produit dans tout l'aubier et dans au moins 6 mm de profondeur dans le bois parfait exposé.

L'**exigence de rétention correspond généralement à la valeur critique**. C'est la quantité de produit de préservation que l'on doit retrouver dans le bois ou plus précisément dans la zone d'analyse. La zone d'analyse est prise dans les faces latérales du bois traité, sa profondeur dépend de l'exigence de pénétration. Par exemple pour la classe P9, la zone d'analyse correspond à tout l'aubier et 6 mm dans le bois parfait exposé.

Les exigences de pénétration et de rétention doivent être vérifiées soit directement, grâce à des méthodes connues ou fournies par le fabricant de produit, soit indirectement, par exemple à partir du calcul de la quantité de produit consommé lors du traitement d'un certain volume de bois (méthode devant être validée préalablement).

La norme NF B 50-105-3 donne les niveaux de performance du bois traité en termes de pénétration et de rétention et les correspondances avec les classes de risque.

**Exemple :** bois imprégnable (aubier de classe d'imprégnabilité 1) traité de **performance R4P8 :**

- classe de pénétration P8 : tout l'aubier ou tout le bois si l'aubier est non différencié ;
- exigence de rétention : 100 % de la valeur critique dans la zone d'analyse ; zone d'analyse : tout l'aubier ;
- pourra être mis en œuvre en classe de risque 4.

Pour les bois en extérieur, l'exigence de pénétration est plus élevée pour les essences imprégnables que pour les essences réfractaires car elles s'humidifient plus rapidement. La norme NF B 50-105-3 fournit également un modèle d'attestation de traitement qui mentionne désormais les niveaux de pénétration et de rétention et prend en compte la nuance faible ou forte exposition à l'intérieur de la classe de risque 3.

#### ■ Les déchets de bois traités

Les réglementations concernant la gestion des déchets évoluent rapidement. On distingue les déchets ménagers ou assimilés et les déchets dangereux. Les déchets de bois traités ne sont pas encore définitivement classés. On peut supposer que les bois traités avec des métaux lourds comme les CCA et les bois créosotés seront classés parmi les déchets dangereux alors que les autres bois traités pour des classes de risque 1, 2 ou 3 pourront être considérés comme des « déchets ménagers ou assimilés » en raison de la faible quantité de biocides présente dans le bois.

La combustion des bois traités au CCA pose des problèmes liés à la présence de métaux lourds dans les résidus solides et dans les fumées (arsenic). En France, la société Beaumartin SA a mis au point un procédé de carbonisation permettant de séparer les métaux du charbon de bois (*Chartherm*).

Dans le cas des bois créosotés, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) peuvent être détruits à haute température.

Des essais de décontamination des bois traités par voie physique, chimique ou biologique sont actuellement à l'étude.

#### ■ Les alternatives aux traitements par imprégnation

Certains traitements du bois, thermiques ou chimiques, visent à augmenter la durabilité naturelle des essences, en même temps que leur stabilité dimensionnelle.

Nous citerons le traitement des bois à haute température et les bois acétylés.

Le **traitement des bois à haute température** se fait entre 180 et 280 °C, sous atmosphère neutre, et provoque la création des liaisons intermoléculaires. Le bois ainsi modifié devient moins sensible à l'humidité, notamment grâce à la dégradation des hémicelluloses. La durabilité vis-à-vis des champignons est accrue grâce à une humidité d'équilibre plus faible, la disparition de certaines substances nutritives et la modification du bois qui n'est alors plus « reconnu » par les systèmes enzymatiques fongiques. Différents procédés ont fait l'objet de brevets et de marques déposées : le bois Plato (société Plato Wood BV, Hollande), le bois Rétifié (procédé développé en France par l'École des Mines de Saint-Étienne et réalisé par la société française

#### Les certifications [CTB98]

Le principe de la certification de qualité est d'attester que le produit certifié est conforme à des spécifications techniques précises, qu'elles soient à caractère contractuel ou normatif. Par ailleurs, elle atteste également que le produit fait l'objet d'un contrôle préalable et permanent par un organisme certificateur agréé et indépendant du producteur.

Dans le domaine de la préservation du bois, il existe actuellement en France deux certifications de qualité gérées par le CTBA en tant qu'organisme certificateur :

- la marque CTB P+ concerne les produits de préservation du bois ;
- la marque CTB Bois+ s'applique aux bois traités.

Ces deux certifications couvrent, d'une part, l'efficacité de la protection conférée au bois et, d'autre part, les aspects liés à la sûreté (hygiène, santé et environnement) par référence à des avis d'experts faisant partie du Comité de marque. Ces marques de qualité ont été instaurées par décision du ministère de l'Industrie en date du 3 octobre 1988 pour les aspects durabilité. Elles ont été confirmées le 31 juillet 1991 par ce même ministère pour les aspects hygiène, santé et environnement. Cette double certification est opérationnelle depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1994. Actuellement, la certification CTB B+ concerne le bois et ses dérivés en tant que produit de construction et de génie civil. Elle s'applique également au bois utilisé comme matériau d'emballage, en prenant en compte l'impact des traitements temporaires ou préventifs sur le plan du contact alimentaire. En revanche, cette certification ne couvre pas les traitements curatifs des bois en œuvre qui font l'objet de l'agrément professionnel CTB A+ (agrément professionnel des entreprises de traitements curatifs et préventifs des bois en œuvre et autres matériaux). Une certification d'experts en états parasitaires, dont les fonctions devront être exclusives de toute autre activité de traitement préventif, curatif, d'entretien ou de lutte contre les termites, a été par ailleurs mise en place en 1999.

À partir de la liste des produits destinés aux industries de traitement préventif certifiés CTB P+ par le CTBA, nous pouvons avoir une vision complète des traitements actuellement pratiqués en France, répondant aux exigences en vigueur. Le tableau 6 récapitule les informations données précédemment.

NOW)... Les propriétés mécaniques sont affectées, on note une fragilisation et une perte de plasticité du bois traité à haute température, variable selon l'intensité du traitement appliqué, qui semblent limiter l'usage de ce matériau à des emplois non structurels. Cependant, il apparaît que le traitement peut être modulé en fonction de la destination du bois et qu'il est possible de trouver, au cas par cas, le meilleur compromis entre durabilité et performance mécanique. Le traitement à haute température confère au bois une couleur foncée, ce qui n'apparaît pas comme un inconvénient puisque ce bois a pour vocation de remplacer des essences tropicales, qui sont généralement plutôt sombres. Le traitement à haute température est plus particulièrement appliqué au peuplier, au hêtre, au pin et à l'épicéa, cette dernière essence étant, on peut le rappeler, réfractaire aux traitements par imprégnation.

L'**acétylation** améliore également la stabilité dimensionnelle et la durabilité du bois. C'est une modification chimique du bois obtenue par traitement à l'anhydride acétique. La réaction permet de transformer des groupements hydroxyles, hydrophiles, en groupements acétyles, hydrophobes. Ces groupements acétyles ne sont pas des substances étrangères au bois, car ils sont présents dans le bois naturel à un taux plus faible. En fin de vie, le bois acétylé peut être transformé comme le bois non traité.

**Tableau 6 – Tableau récapitulatif des traitements de préservation des bois**

Type de produit	Exemples de composition	Procédé adapté (classes de risque)
En solvant pétrolier prêt à l'emploi	— Cyperméthrine (produit uniquement insecticide)	Aspersion sous tunnel (1) Trempage court (1)
Hydrodispersable concentré	— Cyperméthrine	Autoclave double vide (1)
En solvant pétrolier prêt à l'emploi	— Cyperméthrine — Propiconazole — Tébuconazole	Aspersion sous tunnel (1, 2)
Hydrodispersable concentré	— Cyperméthrine — IPBC (3-iodo-2-propynylbutylcarbamate) — Propiconazole — Tébuconazole	Trempage court (1, 2, 3A (*)) Autoclave double vide (1, 2, 3)
Hydrosoluble concentré	— Acide borique — Chlorure de diméthyl-alkylbenzylammonium	Trempage-diffusion (1, 2, 3) Chaud-froid (1, 2, 3) Autoclave vide-pression (1, 2, 3)
	— Acide borique — Cu-HDO (bis-N-cyclohexyl-diazeniumdioxycuivre) — Carbonate de cuivre	Autoclave vide-pression (1, 2, 3, 4)
	— Chrome — Cuivre — Arsenic	Autoclave vide-pression (1, 2, 3, 4, 5)
Huileux naturels	— Créosote réglementée par la directive 94/60/CE du 20/12/94	Autoclave vide-pression (3, 4)

\* Le niveau A à l'intérieur de la classe de risque 3 correspond à des risques peu élevés, alors que le niveau B correspond aux mises en œuvre les plus risquées à l'intérieur de cette classe de risque.

milieu rural surtout. Par un traitement aux sels de cuivre en autoclave, cette décoloration est ralentie de manière très significative.

Parallèlement à cette évolution d'aspect, le bois, en ambiance extérieure, est soumis à de brusques changements d'humidité dus aux variations climatiques (alternances pluie-temps sec, ombre-soleil, etc.). Si le bois n'est pas protégé, ces variations rapides d'humidité créent des contraintes importantes dans les ouvrages et sont à l'origine de variations dimensionnelles, déformations, gerces, fentes, ouvertures d'assemblage, etc. (cf. § 4.2 en [C 925]). La protection contre les variations dimensionnelles devient absolument nécessaire pour des ouvrages « techniques » du type menuiseries extérieures. L'absence de finition serait dans ce cas préjudiciable au bon fonctionnement de l'ouvrage.

Une architecture et des dispositions constructives adaptées au bois doivent éviter de manière systématique les « pièges à eau », elles assureront la durabilité de l'ouvrage.

Sur le plan de la protection, l'application a donc deux objectifs essentiels :

- protéger le bois du rayonnement solaire ;
- limiter les variations dimensionnelles en réduisant les échanges d'humidité entre le bois et l'atmosphère.

La protection de surface des bois à l'extérieur ne joue pratiquement aucun rôle dans la préservation des ouvrages contre les agents biologiques : insectes et champignons de pourriture. **Il ne faut jamais confondre préservation et finition.**

En partant des produits transparents et incolores auxquels on incorpore progressivement des pigments, on trouve successivement : les vernis, les lasures, les égaliseurs de teinte, les impressions et enfin les peintures.

La tenue en extérieur d'un système de finition est conditionnée par de nombreux facteurs :

**Le produit** : il est, bien sûr, l'élément primordial.

**Le support** : le bois est par nature un matériau hétérogène sensible aux variations hygrométriques.

Le premier point à prendre en compte est l'humidité du bois au moment de l'application. À la fois pour éviter des déformations ultérieures et pour permettre une application correcte des produits, il faut, dans des conditions de chantier, que l'humidité du bois au moment de l'application se situe environ entre 12 et 16 %.

Le retrait des bois est également un élément important. Une finition se comporte mieux sur des bois à faible retrait (bois résineux, certains bois tropicaux) que sur des bois à retrait élevé (chêne notamment).

La structure du bois influe aussi sur la tenue des produits. D'une manière générale, il faut préférer les bois à grain fin et à structure homogène aux bois à grain grossier et à structure hétérogène, c'est-à-dire pour lesquels la différence entre le bois d'été et le bois de printemps est nettement marquée.

Enfin la présence de nœuds et d'autres défauts (poches de résines, gerces, piqûres d'insectes) ne favorise pas, bien entendu, le bon comportement d'une finition.

**La situation de l'ouvrage** :

- le lieu d'exposition joue un rôle essentiel. Sous des climats très humides (zones côtières) ou très ensoleillés (montagne, mer...), la finition est naturellement soumise à des agressions sévères ;

- les orientations sud et ouest sont les plus agressives : les ouvrages ainsi orientés réclameront un entretien environ deux fois plus fréquent que ceux exposés au nord et à l'est ;

- la géométrie et la conception de l'ouvrage : toute partie horizontale favorise la stagnation de l'eau. Les arêtes vives moins couvertes de produit se dégarnissent plus vite. Un assemblage mal conçu constitue rapidement un piège à eau qui, à plus ou moins long terme, dégradera la finition ;

- la position de l'ouvrage : les protections architecturales favorisent le bon comportement d'une finition. Abritée alors de la

## 2. Finitions

### 2.1 Spécificités des finitions en bois

Exposé à l'extérieur, le bois est soumis à l'agression conjuguée des agents atmosphériques : soleil, pluie, humidité, froid (cf. § 3.2 en [C 925]). En formant un écran entre le bois et cet environnement agressif, les finitions assurent cette protection indispensable, tout en mettant en valeur l'aspect du matériau.

À condition que l'ouvrage et son environnement s'y prêtent, une finition peut être évitée en transformant le grisaillement naturel du bois en atout esthétique. Les façades et les toitures en bardages ou bardaues de bois en sont des témoignages toujours présents, en

pluie et du soleil, elle vieillira moins rapidement. Les toitures largement débordantes, les fenêtres et les portes en retrait de la façade, les bardages éloignés du sol, les poteaux surélevés, sont autant de mesures qui améliorent la durabilité des systèmes de finition.

**L'application :** Même s'il est de très bonne qualité, un produit appliqué dans de mauvaises conditions se détériorera rapidement. Les règles de l'art des travaux de finition sont précisées par le DTU 59.1 « Travaux de peinture ». Ce document indique les conditions techniques d'exécution de ces travaux, aussi bien pour les travaux neufs que pour les travaux de rénovation : choix des produits, préparation des supports, conditions d'application.

## 2.2 Les vernis

Avant tout transparents et généralement incolores, ils mettent bien en valeur le bois. L'absence de pigments les rend particulièrement vulnérables au rayonnement solaire qui accélère leur dégradation. Même avec trois ou quatre couches du meilleur vernis, on ne peut espérer une tenue supérieure à trois ans sur un site exposé au sud ou au sud-ouest.

Par ailleurs, leur dégradation par écaillage rend longues et onéreuses les opérations de préparation du support avant rénovation. Les appellations « vernis marin », « vernis chalets » ou « vernis montagne » ne sont absolument pas synonymes de performances élevées.

## 2.3 Les lasures

Leur principal avantage réside dans leur mode de dégradation homogène par farinage ou érosion, sans écaillage, ce qui facilite les opérations d'entretien qui ne demandent qu'une préparation légère du support : nettoyage ou léger ponçage. Elles contiennent en principe un agent fongicide et insecticide, mais ne peuvent se substituer aux produits de préservation proprement dits.

Il existe, en fait, plusieurs sortes de lasures qui se différencient par leur taux d'extrait sec :

- les lasures d'imprégnation, à faible extractif sec (20 à 25 %) et à basse viscosité, qui pénètrent légèrement dans le bois sans former de film visible en surface. En conséquence, elles ralentissent peu les échanges d'humidité du bois avec l'extérieur et se dégradent assez vite (un an à un an et demi en deux ou trois couches selon l'exposition) ;

- les lasures à haut extractif sec, ou satinées ou à couche épaisse : en raison de leur extractif sec élevé (supérieur à 40 %), elles forment dès l'application de la deuxième couche un film sur le bois, d'où leur qualificatif de semi-filmogène ou même filmogène. Elles limitent davantage les variations dimensionnelles des ouvrages mais, en contrepartie, elles se dégradent parfois à la limite de l'écaillage et s'apparentent, dans ce cas, plus à un vernis qu'à une lasure. Les lasures à haut extractif sec sont apparues sur le marché pour augmenter la durabilité des systèmes à base de lasures d'imprégnation. Pour le bois comme pour tout autre matériau, la durabilité et la qualité d'une protection de surface sont très dépendantes de l'épaisseur du revêtement, le problème consistant en fait à trouver le meilleur compromis durabilité/facilité d'entretien ;

- les lasures dites « normales » qui se situent entre les lasures d'imprégnation et les lasures à haut extractif sec, avec des qualités intermédiaires.

Indépendamment du type de lasure ou de la nature de la phase, il est important que les premières couches de lasures soient pigmentées, dans la mesure où ce sont essentiellement les pigments qui assurent la résistance au rayonnement solaire. Sur ce plan, il est préférable de choisir des teintes moyennes plutôt que des teintes très sombres qui favorisent l'apparition de gerces, en raison de la température de surface plus élevée du film.

## 2.4 Les peintures

Utilisées en deux ou trois couches, elles doivent permettre les échanges de vapeur d'eau entre le bois et l'atmosphère. Cette solution est nécessaire pour les ouvrages placés entre une ambiance intérieure et une ambiance extérieure (portes, fenêtres). Les différences d'hygrométrie entre l'intérieur d'un local et l'extérieur provoquent en effet une migration permanente de l'humidité dans les parois extérieures, y compris les menuiseries.

Si la peinture extérieure est microporeuse, c'est-à-dire perméable à la vapeur d'eau et imperméable à l'eau, cette humidité peut s'évacuer librement et ne stagne pas derrière le film de peinture. Il en est de même avec les infiltrations d'eau accidentelles en cas de rupture du film de peinture.

Les produits bois industrialisés et peints en usine type lames de bardage ou menuiseries permettent aujourd'hui de bénéficier de garantie supérieures à 10 ans sans entretien.

## 2.5 Autres produits

**Les égaliseurs de teinte :** Employés essentiellement en fabrication industrielle, ils ont pour unique objet d'uniformiser la teinte des différentes pièces de bois constituant un ouvrage (fenêtre par exemple). Ils n'apportent qu'une protection temporaire de trois mois au maximum et doivent, passé ce délai, être recouverts par une finition généralement constituée d'une lasure.

**Les impressions ou primaires :** Il s'agit de produits appliqués en usine ou sur chantier et destinés à protéger l'ouvrage temporairement (six mois environ) avant sa finition définitive par peinture. Ces produits sont en général « microporeux » : étanches à l'eau et perméables à la vapeur d'eau.

## 2.6 Entretien et rénovation

L'aspect des dégradations dépend de la nature du produit de finition. Avec les produits filmogènes — vernis, peintures et même certaines lasures à haut extractif sec — la dégradation se manifeste sous la forme d'un craquelage et d'un écaillage du film. Avec les lasures, le vieillissement se traduit en principe par une érosion et un farinage.

La rénovation des peintures et vernis consistera donc à éliminer, généralement par ponçage, les parties non adhérentes du film. Si la dégradation atteint un stade plus avancé, le support devra être mis à nu. C'est pour cette raison qu'il est préférable de ne pas attendre une dégradation complète du film et de privilégier l'entretien régulier plutôt qu'une rénovation tardive toujours beaucoup plus coûteuse.

Pour les lasures, un simple dépoussiérage-nettoyage peut suffire, mais il vaut mieux effectuer un léger ponçage (égrenage) qui éliminera les salissures, les parties grasses, etc., ce qui favorisera l'accrochage de la couche de rénovation.

D'autre part, sur un bâtiment, il est tout à fait souhaitable de prévoir l'entretien en plusieurs étapes, selon la vitesse de dégradation des éléments, par exemple :

- tous les trois ans pour les ouvrages très exposés (mains courantes de balcons, lisses de clôtures et portails ou autres éléments horizontaux) ;
- tous les quatre à six ans pour les ouvrages moins exposés (menuiseries extérieures, éléments verticaux) ;
- tous les six à dix ans, voire plus, pour les ouvrages abrités non soumis à l'action directe des intempéries.

En particulier pour les finitions transparentes, de type vernis ou lasure, l'entretien doit être réalisé régulièrement. C'est, en attendant la finition idéale sans entretien, la seule façon de maintenir un aspect de surface agréable et esthétique sur des ouvrages en bois à l'extérieur.