

# DESORDRES LIES A L'HUMIDITE

## ◆ Humidité des matériaux

Si certains matériaux de construction ont un taux d'humidité nul ou quasi-nul (ex. : la plupart des isolants thermiques), les autres retiennent de l'eau dans leurs cellules, leurs capillaires ou leurs pores ; celle-ci est souvent incorporée lors de la mise en œuvre.

La teneur en eau d'un matériau s'exprime normalement en pourcentage de masses.

Tant que le pourcentage reste faible, rien ne se passe ; ce n'est que lorsqu'il dépasse un certain seuil qu'apparaissent les risques de désordres.

## ◆ Taux normal d'humidité des matériaux

Ce taux dépend évidemment de la nature du matériau et de son emplacement ; c'est ainsi qu'un mur ou un sol de cave ou de hangar pourra atteindre, sans causer de gêne (et tant que cela n'engendre pas des désordres dans sa structure ou sur son parement), une teneur en eau plus forte que la même paroi située dans un logement ou des bureaux.

Dans le cas des espaces habités, qui nous concerne plus directement, on admet comme acceptables des teneurs d'équilibre en eau comprises entre 3 et 5 %, mais on peut trouver des cas, dans les maçonneries anciennes, où un taux d'humidité de 8 % n'engendre pas de désordre.

## ◆ Désordres

Les désordres vont de la simple atteinte à l'esthétique à la destruction du matériau ; on en trouvera un recensement (non exhaustif) au chapitre consacré au diagnostic, car nombre d'entre eux concourent à l'établissement de ce dernier.

Nous rappellerons simplement ici les plus graves et les plus sournois, car ils ne se révèlent souvent que lorsqu'il est trop tard.

## ● CORROSION DE L'ACIER

L'acier est un alliage de fer et de carbone, d'autres éléments venant s'y ajouter selon le procédé et selon les performances requises. Les aciers utilisés dans le domaine de la construction contiennent de 0,12 à 0,24 % de carbone. L'acier est le produit instable d'un processus de fabrication. Il se combine aisément à l'oxygène et à l'eau, pour donner un oxyde de fer qui n'est pas sans analogie avec le minerai de fer avant raffinage.

La corrosion de l'acier est la conséquence d'un processus naturel. Les métaux existent dans la nature sous forme de divers composés chimiques (minerais). L'extraction du métal des minerais nécessite une certaine quantité d'énergie. Ce processus est la cause fondamentale de la corrosion des métaux. L'explication de la corrosion est fondée sur la théorie de l'électrochimie, et diverses formules ont été développées pour décrire les réactions chimiques qui représentent la plupart des processus de corrosion.

L'acier se corrode en présence simultanée d'eau et d'oxygène. En l'absence de l'un ou l'autre, la corrosion ne se produit pas.

Outre le processus général de corrosion, des phénomènes de corrosion localisée peuvent se produire tels que la corrosion par piqûres (perforations), la corrosion caverneuse (dans des fissures ou des crevasses) et la corrosion bimétallique ou galvanique.

Le matériau dont est faite la pièce n'est pas le seul facteur conditionnant la vitesse du processus d'oxydation, puisque la forme de la pièce et les traitements subis (mise en forme, soudure, vissage) jouent un rôle primordial.

Lorsque le phénomène est apparent, on peut y porter remède avant qu'il ne soit trop tard ; il n'en va pas de même lorsque le métal est dissimulé au sein d'une paroi car les désordres risquent de n'apparaître qu'avec une détérioration avancée du matériau.

Il existe deux moyens d'empêcher la réaction chimique d'oxydation d'avoir lieu :

### - *Réaliser une protection physique*

Cela consiste à isoler la pièce de l'environnement : il s'agit dans ce cas de l'enrober complètement, par exemple par une couche de peinture ou de matière plastique. Ce type de protection n'est pas suffisant en cas de dégradation de la couche de peinture.

### - *Protéger par un moyen chimique : la protection cathodique*

Elle consiste à perturber la réaction d'oxydo-réduction (principe de l'« anode sacrificielle »). Cette nouvelle pièce (souvent en zinc) va se corroder à la place de la pièce à protéger, puisque la réaction chimique entre l'environnement et la pièce sacrifiée empêche la réaction entre l'environnement et la pièce utile.

## ● POURRITURE DES BOIS

Une trop forte humidité du bois (le seuil se situe généralement aux alentours de 20 %) favorise son attaque non seulement par les insectes xylophages (particulièrement les termites) mais aussi, et de façon quasi inéluctable, par des champignons. Certains d'entre eux ont besoin d'oxygène pour se développer et conduisent à la pourriture cubique ou

fibreuse ; d'autres sont anaérobies et sont responsables de la pourriture molle. De toutes manières, la destruction du bois est au bout du processus.

### ● **HUMIDIFICATION DES ISOLANTS THERMIQUES**

La résistance thermique élevée des isolants utilisés dans le bâtiment est due à la très forte proportion de vides d'air (ou autres gaz) qu'ils emprisonnent ; si ces vides se gorgent d'eau, le matériau perd une grande partie de ses propriétés isolantes, ce qui a pour conséquences immédiates :

- une augmentation de la consommation de chauffage,
- une diminution du confort des occupants si ce chauffage devient insuffisant, mais aussi par l'effet de paroi froide qu'entraîne la chute de son pouvoir isolant.

### ● **GEL**

Si la paroi a une trop forte teneur en eau et que celle-ci est soumise au gel, on comprend qu'apparaissent de nouveaux risques de détérioration ; en effet, le gel de l'eau entraîne une rapide augmentation de son volume, qui risque de détériorer les cellules qui l'emprisonnent et de déliter les parements.

Les effets du gel sont variables, d'une part, suivant les propriétés propres au milieu (porosité, morphologie, taille et connectivité des pores, présences de fissures) et d'autre part, suivant les conditions climatiques (durée et intensité du gel, teneur en eau du matériau).

### ● **CRISTALLISATION DES SELS DISSOUS**

Cette cristallisation est provoquée par l'évaporation de l'eau chargée en sels divers au cours de son cheminement dans les structures capillaires ; cette cristallisation se fait au plan d'évaporation, qui peut être :

- en surface du matériau : dans ce cas, on obtient un dépôt de sels en surface (efflorescence). Les conséquences sont principalement esthétiques mais peuvent également entraîner des desquamations en surface du matériau, dans le cas de la pierre notamment.
- à l'interface entre ce matériau capillaire et un parement qui laisserait passer l'eau sous forme de vapeur (matériau "respirant") mais pas de liquide (matériau hydrofugé par exemple) : dans ce cas, la crypto-efflorescence ("crypto" signifie caché) ne le reste pas longtemps : on obtient généralement la décohésion des deux matériaux suivie de l'écaillage du parement.

Parmi les innombrables sels naturels et synthétiques, seuls quelques dizaines sont fréquents dans les bâtiments. Leur formule chimique et leur origine figurent dans le tableau suivant.

Ces sels se trouvent en solution aqueuse ou sous forme de cristaux composant des efflorescences et des croûtes. On constate que les systèmes salins sont constitués par cinq cations (calcium  $\text{Ca}^{2+}$ , magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ , sodium  $\text{Na}^+$ , potassium  $\text{K}^+$ , ammonium  $\text{NH}_4^+$ ) et quatre anions (sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$ , chlorure  $\text{Cl}^-$ , carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$ , nitrate  $\text{NO}_3^-$ ).

Les sources des sels présents dans les bâtiments peuvent être très diverses. Les sels pénètrent fréquemment dans les maçonneries par les remontées capillaires d'eau provenant du sol, naturellement chargée en sels ou par la conséquence d'activités humaines.

#### QUELQUES SELS RENCONTRES SUR LES BATIMENTS ET LEURS ORIGINES

Sel	Quelques origines possibles
Antarctite $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	sel de déverglaçage
Arcanite $\text{K}_2\text{SO}_4$	altération de verres potassiques (vitraux) traitement au silicate de potassium (silicatisation)
Calcite $\text{CaCO}_3$	lessivage de pierres calcaires, de mortiers au ciment ou à la chaux, réaction entre sels*
Ettringite $\text{K}_2\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$	ciments, réaction entre ciments et plâtre
Gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	pollution atmosphérique, plâtre, certaines roches, mortiers au plâtre, ciments, mortiers au ciment, embruns
Halite $\text{NaCl}$	eau de mer, embruns, sels de déverglaçage, sel de salaison
Kiéserite $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Epsomite $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	toutes roches ou mortiers contenant Mg soluble ; Interaction pollution atmosphérique/ roches dolomitiques.
Natron $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	ciments, mortiers, lessives, résidus de nettoyages chimiques, mortiers gâchés à l'eau de mer
Nitrate de sodium $\text{NaNO}_3$	matières organiques décomposées, sol,
Nitre $\text{KNO}_3$	matières organiques décomposées, sol, engrais
Nitrocalcite $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	pollution atmosphérique, matières organiques décomposées, sol,
Sylvite $\text{KCl}$	sol
Thaumasite $\text{Ca}_3\text{Si}(\text{CO}_3)(\text{OH})_6(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	ciments, réactions entre ciments et plâtre
Thénardite $\text{Na}_2\text{SO}_4$ Mirabilite $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	ciments, mortiers au ciment, lessives, briques

**Doc. : Géomécanique environnementale, risques naturels et patrimoine / sous la dir. de Bernard Schrefler, Pierre Delage, Paris : Hermès Science Publications, 2001**

Les propriétés chimiques et physiques des sels déterminent leur comportement et en particulier leur nocivité pour les bâtiments.

#### - Solubilité

La solubilité des sels est extrêmement variable. Lorsqu'une solution contenant divers cations et anions s'évapore, ce sont d'abord les sels les moins solubles qui précipitent.

#### - Humidité relative d'équilibre (HRE)

Dans un bâtiment l'humidité relative de l'air présente des oscillations diurnes et saisonnières régulières, et d'autres oscillations non régulières liées à l'usage du bâtiment. A chaque passage du seuil critique de l'humidité relative d'équilibre, il y aura soit dissolution, soit cristallisation du sel. Ces passages sont particulièrement nocifs pour la maçonnerie.

### - Hygroscopicité

L'hygroscopicité est la capacité d'un matériau à absorber l'humidité de l'air. La présence de sels hygroscopiques entraîne une augmentation de l'humidité de la maçonnerie contaminée et l'apparition de taches humides.

Les morphologies d'altération des matériaux qui sont observées sur le terrain dépendent principalement de la localisation, de la cristallisation des sels et du type de pierre :

- lorsque les sels précipitent au sein du matériau (subflorescences), ils participent au développement des formes d'altérations desquamantes.
- lorsqu'ils précipitent au-dessus de la surface, ils forment des efflorescences et des croûtes.
- enfin lorsqu'ils cristallisent juste au-dessous des premiers grains superficiels de pierre, ils provoquent l'apparition de désagrégations superficielles.

Le tableau ci-dessous indique les teneurs en certains sels considérées comme des valeurs limites pour éviter toute dégradation.

#### TENEURS LIMITES DE TROIS ANIONS

Sels	Teneurs limites
Chlorures	≤ 0,1%
Nitrates	≤ 0,5%
Sulfates	<ul style="list-style-type: none"> <li>• si les sulfates proviennent du gypse (sulfate de calcium) le taux doit être &lt; à 5 %</li> <li>• si les sulfates sont associés à du sodium, potassium, magnésium..., leur taux doit être &lt; à 0,1%</li> </ul>

**Doc. « Ouvrage de Maçonnerie » du Ministère de la Culture et de la Communication, Juin 2006)**

#### ● DEVELOPPEMENT D'ALLERGIES

Il s'agit là d'une des conséquences fréquentes de l'apparition de moisissures dues à une humidification permanente de la superficie des matériaux.

Ces moisissures, qui sont souvent cachées dans des recoins ou derrière des meubles, entraînent des réactions cutanées et même des crises d'asthme, pouvant aller jusqu'à rendre les locaux inhabitables par le sujet atteint.

#### ● DEVELOPPEMENT DE MACRO-ORGANISMES

La présence d'humidité favorise également le développement de végétation (mousse, algues) notamment sur les façades (en cas de ruissellement ou de fuite par exemple).

#### ● DEGRADATION DES REVETEMENTS

L'humidité est souvent à l'origine de décollement des revêtements :

- revêtements intérieurs : cloquage des peintures, décollements des papiers peints

- revêtements extérieurs : cloquage des peintures, décollement des enduits, creusement des revêtements à cause du ruissellement, apparition de taches, déjoints des maçonneries.

<b>Tableau 1 - Répartition des sinistres dus à l'humidité par rapport à l'ensemble des sinistres tous corps d'état (pourcentages calculés en nombre de sinistres)</b>		
<b>CORPS D'ETAT</b>	<b>HUMIDITE PROVOQUEE PAR</b>	
	<b>INFILTRATIONS D'EAU DANS LES PAROIS</b>	<b>CONDENSATIONS</b>
- Béton - béton armé	1,5 %	0,3 %
- Charpente en bois	0,3 ‰	-
- Maçonneries extérieures	12,4 %	0,9 %
- Maçonneries intérieures	-	0,2 %
- Menuiseries bois, métalliques, panneaux de façades, murs, rideaux	5,1 %	0,4 %
- Couverture	10,3 %	0,7 %
- Etanchéité	7,8 %	-
- Vitrerie	0,4 %	-
- Chauffage	1,4 %	1,0 %
- Plomberie	3,2 %	-
- Voirie, réseaux divers	0,5 %	-
	<b>42,9 %</b>	<b>3,5 %</b>