3 DIAGNOSTIC DE L'HUMIDITÉ DANS LES CONSTRUCTIONS

On ne saurait trop insister sur la nécessité de dresser un diagnostic sérieux avant toute intervention dans les bâtiments en général et dans les constructions anciennes en particulier, a fortiori lorsqu'on se trouve confronté à des dégâts causés par l'humidité. En effet, ces dégradations aux causes souvent multiples apparaissent plus ou moins loin des sources d'humidification. En outre, des causes d'humidité différentes peuvent avoir des conséquences similaires : pulvérulence ou expulsion des matériaux de construction, pulvérulence ou décollement des couches de finition, efflorescences, moisissures, inconfort général dû au taux élevé d'humidité relative de l'air, etc. (voir exemples au § 1.1, p. 7).

Même si l'origine des dégâts paraît évidente, il s'avère essentiel de passer en revue et de vérifier toutes les causes potentielles d'humidification pour chaque chantier, en tenant compte du fait qu'elles peuvent s'influencer mutuellement. Le diagnostic préalable sera d'autant plus fouillé que les chantiers sont importants. Dans certains cas, il s'agit d'une démarche relativement lourde, requérant l'exécution de prélèvements, d'analyses *in situ* et en laboratoire ainsi que l'interprétation des résultats par un expert en la matière.

Pour les chantiers plus restreints, on fera en général directement appel à des entreprises spécialisées en travaux d'assèchement. Celles-ci établiront le diagnostic lors d'une visite sur place, afin de cerner les interventions nécessaires et de remettre une offre de prix en conséquence. Le sérieux et le soin apportés au diagnostic ainsi que la description détaillée des interventions devraient constituer des critères prioritaires pour le choix de l'entreprise par le client.

Les paragraphes suivants ont pour objectif d'aider les acteurs de terrain à dresser un diagnostic correct et complet de l'humidité dans une construction. En cas de doute, les professionnels peuvent également faire appel à l'expérience du CSTC.

3.1 MISE EN ÉVIDENCE DES CAUSES D'HUMIDITÉ : DIALOGUE, CONSTATATIONS ET MESURES

La première étape du diagnostic de l'humidité consiste à dialoguer avec les occupants du bâtiment, afin d'évoquer entre autres les problèmes observés, leur localisation, leur fréquence et les circonstances qui accompagnent leur apparition (climat, occupation, etc.). Les points abordés peuvent ensuite être vérifiés rapidement par de premières constatations visuelles ou tactiles.

Même si, dans un premier temps, ces constatations visuelles ou tactiles permettent de détecter la présence d'humidité ainsi que sa ou ses causes potentielles, le diagnostic complet (tout comme le contrôle de l'assèchement après intervention) doit reposer sur des méthodes plus précises fournissant des mesures fiables dans des conditions reproductibles.

Plusieurs types d'appareils destinés à mesurer l'humidité dans les matériaux de construction sont disponibles sur le marché. Certains appareils de diagnostic fonctionnent sur la base des principes de mesure électrique (résistivité ou capacitance). Rapides et pratiques d'utilisation, ces appa-

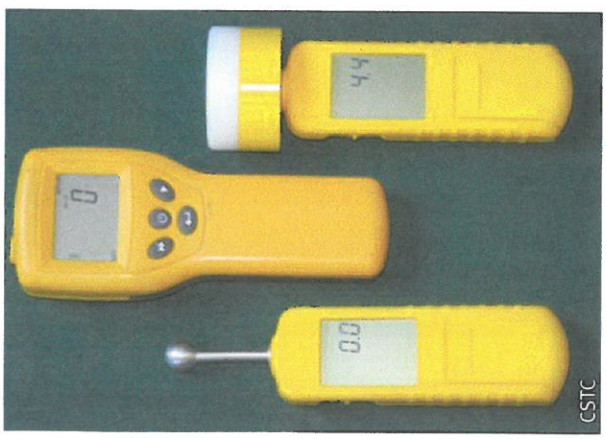

Fig. 38 Appareils de mesure de l'humidité capacitifs et résistifs.

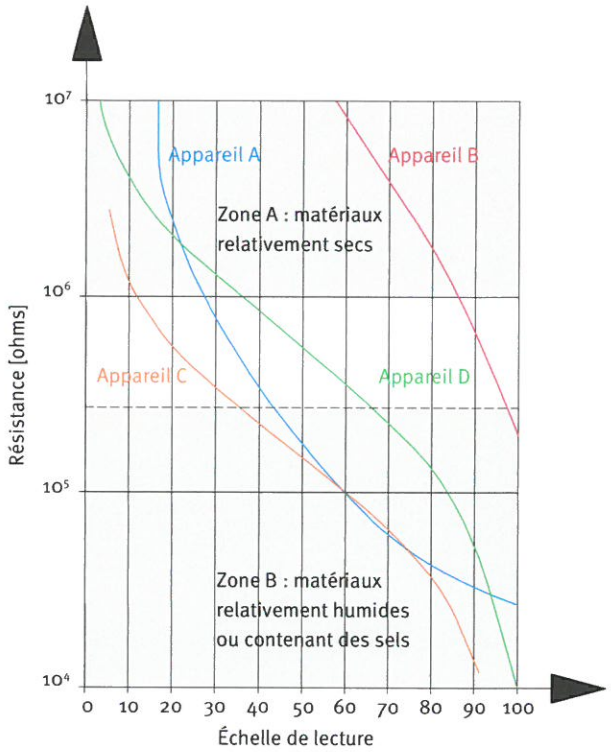

Fig. 39 Exemple de courbes de résistivité de quelques appareils de mesure.

reils sont incontournables pour le diagnostic. Ils permettent en effet de mettre facilement en évidence les zones potentiellement humides grâce à la comparaison des valeurs mesurées à différents endroits sur des matériaux identiques (mesures à différentes hauteurs sur des enduits intérieurs, par exemple). Toutefois, les valeurs fournies par ces appareils sont influencées par de nombreux paramètres, qui englobent non seulement l'humidité, mais aussi la densité des matériaux et les différents sels qu'ils contiennent ainsi que la présence éventuelle d'éléments métalliques. Par conséquent, il est impossible de déduire la teneur en humidité exacte des matériaux à l'aide de ces seuls appareils, quels qu'en soient le coût ou le degré de sophistication. En bref, ces appareils fournissent une mesure indicative visant à localiser les zones potentiellement humides au moyen d'une analyse comparative sur des matériaux identiques.

Afin d'évaluer avec certitude le taux d'humidité des matériaux de construction dans les zones identifiées comme potentiellement problématiques et de déterminer la nécessité d'une intervention, il convient d'effectuer au moins un prélèvement. L'échantillon prélevé est ensuite analysé par pesées comparatives avant et après séchage (en laboratoire ou *in situ*) ou par mesure directe au moyen d'une bombe à carbure. Notons cependant que l'humidité n'est pas répartie de manière uniforme dans les maçonneries. Bien que les mesures soient précises, les valeurs obtenues dans une même zone peuvent donc varier entre autres selon la porosité des matériaux et la profondeur à laquelle l'échantillon est prélevé; c'est pourquoi plusieurs prélèvements peuvent s'avérer nécessaires. Étant donné les caractéristiques intrinsèques des mortiers, des briques et des pierres naturelles, on conseille de toujours réaliser les prélèvements dans les joints de mortier, qui présentent les teneurs en humidité les plus critiques (6).

Outre les mesures de la teneur en humidité des matériaux, il sera souvent utile de procéder à des mesures complémentaires pour déterminer les conditions hygrothermiques ambiantes et la présence de sels.

Les paragraphes suivants détaillent les principes d'utilisation ainsi que les avantages et les inconvénients des appareils et des techniques mentionnés ci-avant [A2, A3].

3.1.1 MESURE RÉSISTIVE OU CAPACITIVE DE L'HUMIDITÉ

Vu leur faible coût, leur facilité et leur rapidité d'utilisation, les appareils de mesure dont le fonctionnement est basé sur des principes de résistivité ou de capacitance électriques sont particulièrement utiles pour le diagnostic. Ces appareils analysent la variation de résistivité ou de capacitance des matériaux en fonction notamment de leur teneur en humidité (voir figure 38, p. 25).

Les appareils résistifs utilisent des pointes enfoncées à faible profondeur (quelques millimètres) dans le matériau et fixées soit directement sur le boîtier, soit sur un porte-sonde relié à l'appareil. Il est en outre possible de relier des sondes spéciales qui, une fois placées dans des trous forés au préalable, prennent des mesures en profondeur (quelques dizaines de centimètres).

Les appareils capacitifs s'emploient, quant à eux, par simple contact avec les surfaces et mesurent l'humidité contenue dans le matériau sur une profondeur de quelques millimètres, voire quelques centimètres.

Quel que soit le type ou la marque de l'appareil utilisé, la méthode reposera toujours exclusivement sur une comparaison des valeurs mesurées sur les parties réputées 'sèches' et les parties potentiellement problématiques de matériaux identiques situés dans des zones voisines. Les zones présentant des valeurs sensiblement plus élevées

(6) Il importe de choisir les points de mesure de manière judicieuse. Lorsqu'on est confronté à un phénomène d'humidité ascensionnelle, la teneur en humidité des matériaux doit, en toute logique, décroître à mesure que la distance par rapport au niveau du sol augmente. Si l'on effectue une mesure dans un joint situé juste au-dessus d'une discontinuité dans la maçonnerie (fissure ou cavité), on obtiendra toutefois une teneur en humidité anormalement basse, l'humidité ascensionnelle étant bloquée localement par la discontinuité.

que celles mesurées sur une zone 'sèche' proche seront ensuite analysées plus en détail, selon les méthodes exposées aux paragraphes suivants.

Bien que certains appareils soient fournis avec des tableaux de conversion permettant de déterminer un taux d'humidité en fonction de la nature des matériaux contrôlés, on évitera de convertir les résultats de mesure de cette façon. Rappelons en effet que, même si la teneur en humidité des supports a un impact direct sur les mesures, ces dernières sont également influencées par de très nombreux autres paramètres tels que la teneur en sels, la densité des matériaux et la présence d'éléments métalliques (canalisations, films d'aluminium ou de plomb).

Par ailleurs, il est tout à fait déconseillé de comparer des valeurs mesurées par différents appareils. Comme on peut le voir à la figure 39 (p. 26), les divers appareils testés donnent effectivement des résultats complètement différents pour une même résistivité réelle (exprimée en ohms).

Notons en outre que ces appareils sont totalement inadaptés au contrôle de l'assèchement des murs après traitement, étant donné que les sels ont un impact très important et non vérifiable sur les mesures. En effet, la concentration de sels sur les surfaces d'évaporation lors de l'assèchement donne lieu à une forte augmentation des valeurs mesurées, y compris dans des maçonneries sèches et d'autant plus lorsque l'humidité relative ambiante est élevée. Ainsi, l'utilisation de ce type d'appareil pour le contrôle de l'assèchement risque de mener à des conclusions erronées quant à l'efficacité des interventions réalisées.

Pour une mesure correcte de la teneur en humidité des matériaux, on optera donc pour d'autres méthodes telles que les pesées comparatives ou la mesure au moyen d'une bombe à carbure.

Fig. 40 Bombe à carbure et accessoires.

3.1.2 MESURE DE L'HUMIDITÉ PAR PESÉES COMPARATIVES OU GRAVIMÉTRIE

3.1.2.1 Mesure de l'humidité totale contenue dans le matériau

La mesure de la teneur en humidité des matériaux peut se faire de manière simple et précise, en réalisant, avant et après séchage, des pesées comparatives d'un échantillon prélevé par forage lent ou par burinage à une profondeur de 5 à 8 cm dans la maçonnerie, de préférence dans un joint de mortier.

La mesure en laboratoire consiste à conditionner hermétiquement l'échantillon prélevé *in situ* avant de le sécher dans une étuve ventilée à température contrôlée ou dans un four à micro-ondes (technique plus rapide), jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Le pourcentage d'humidité en masse de l'échantillon est donné par le rapport entre la quantité d'humidité qui s'est échappée de l'échantillon (masse initiale humide de l'échantillon moins sa masse sèche) et la masse sèche de l'échantillon [B10] :

$$\text{teneur en humidité d'un matériau poreux [\%]} = \frac{\text{masse d'humidité contenue dans le matériau [g]}}{\text{masse du matériau sec [g]}} \times 100\ \%.$$

Pour la mesure *in situ*, il existe des dessiccateurs compacts capables de peser et de sécher des échantillons de plusieurs dizaines de grammes en quelques dizaines de minutes grâce à des technologies infrarouges ou halogènes. Ces appareils offrent des résultats plus rapides tout en évitant le transport de l'échantillon.

Notons que la température et la technique de séchage influencent le résultat de la mesure. Dans une étuve ventilée, les températures de séchage couramment utilisées sont de 45, 70 et 105 °C. Les résultats d'une série de mesures gravimétriques effectuées sur des chapes ont permis de constater que la teneur en humidité obtenue est fonction de la température de séchage : plus la température de séchage est élevée, plus le taux d'humidité mesuré est important [C1]. De même, les résultats obtenus par séchage au four à micro-ondes ne peuvent pas être comparés directement aux résultats obtenus par séchage à l'étuve.

La mesure de l'humidité par pesées comparatives est semi-destructive en raison des prélèvements nécessaires à sa réalisation. L'exactitude des résultats est directement liée, d'une part, au soin apporté au prélèvement et, d'autre part, à la précision de la balance par rapport à l'échantillon prélevé. On recommande notamment de prélever l'échantillon par burinage ou par forage lent, afin d'éviter un réchauffement trop important de la maçonnerie, qui entraînerait à son tour l'évaporation de l'humidité qu'elle renferme. Par ailleurs, pour un échantillon d'une dizaine de grammes, on conseille de réaliser une pesée au centième de gramme.

Il est à noter que, lorsque l'échantillon est séché à des températures très élevées ou dans une ambiance très sèche,