



Travaux de réfection et de restauration des ouvrages de maçonnerie

Objectif

Le présent document est destiné aux propriétaires de bâtiments, aux architectes, aux entrepreneurs, aux ingénieurs et aux autres intervenants dans le cadre de travaux de réfection et de restauration d'ouvrages de maçonnerie existants. Il a pour objectif de les informer des approches les plus appropriées pour réussir un projet de restauration.

Format du document

Le présent document est divisé en 3 chapitres :

- Chapitre 1 - Généralités. Ce chapitre porte sur les notions de base des principaux termes utilisés, les types de construction, les contraintes liées au nouvel usage du bâtiment, les principes d'intervention, les détériorations typiques de la maçonnerie incluant leurs causes principales ainsi que sur les intervenants.
- Chapitre 2 - Processus d'intervention. Ce chapitre porte sur l'inspection, la recherche et les démarches initiales, l'orientation de la démarche, la méthodologie de l'étude approfondie, la formulation de solutions ainsi que sur la responsabilité des intervenants.
- Chapitre 3 - Exécution. Ce chapitre porte sur la recherche de la documentation technique, la qualification, l'appel d'offres et l'octroi du contrat, l'exécution des travaux ainsi que sur l'inspection et l'entretien.

Chapitre 1 : Généralités

1. Terminologie

Il y a lieu d'apporter quelques précisions sur certains termes. Les définitions suivantes sont celles du Grand dictionnaire terminologique de l'Office québécoise de la langue française.

Maçonnerie : *ouvrage en pierres taillées ou non taillées, briques, moellons, meunières, agglomérés, etc., employés à sec ou réunis par un liant.*

Mortier : *liant obtenu par un mélange d'eau, de sable, de ciment ou de chaux.*

Conservation : *Ensemble des actions visant à préserver une œuvre d'art (ou un objet historique) de toute détérioration, notamment en éliminant les causes d'altération et en contrôlant l'environnement dans lequel elle est placée, mais sans effectuer d'interventions profondes sur l'œuvre elle-même.*

Préservation : *Ensemble des mesures préalables visant à mettre à l'abri d'un mal précis ou éventuel un site, un monument ou une construction.*

Réhabilitation : *Restauration et curetage d'un immeuble, d'un îlot, d'un quartier ancien, s'accompagnant de la modernisation des équipements.*

Restauration : *Remise en état d'un site, d'un ensemble immobilier ou d'un monument. Ensemble des actions visant la préservation et le traitement (nettoyage, réparation, reconstitution, etc.) d'une œuvre d'art ou d'un objet historique.*

Réfection : *Remise à l'état de neuf.*

Les principaux **éléments de maçonnerie** en restauration sont les suivants :

- pierre naturelle (grès, calcaire, granite, etc.);
- brique d'argile cuite;
- terracotta (bloc creux, en argile cuite, de formes et épaisseurs diverses, destiné à recevoir un enduit et servant à la construction d'arrière-murs et de cloisons);
- terracotta architectural (matériau de parement extérieur en argile cuite vernissée ou non);
- pierre artificielle (préfabriquée en béton, silice, etc.);
- bloc de béton (qui a succédé au terracotta comme matériau de cloison et d'arrière-mur);
- brique de béton;
- blocs de cendres.

Le présent document, élaboré par consensus, n'est pas une norme et il ne vise pas à remplacer les codes ni les normes. Il s'adresse aux professionnels de la construction, qui, forts de leur expérience et de leurs connaissances, peuvent assumer la responsabilité de l'usage qu'ils en feront et en conséquence l'IMQ. se dégage de toute forme de responsabilité.

Aucune partie de ce document ne peut être reproduite par quelque moyen que ce soit sans la permission écrite de l'IMQ.

2. Types de construction

Il existe au Québec, du point de vue historique, trois catégories générales de bâtiments :

- Le **bâtiment traditionnel**, datant d'avant 1880 environ. Les murs massifs extérieurs en plus de faire office de parement sont porteurs. Les mortiers de chaux sont d'usage courant. L'aspect historique du bâtiment est primordial et la conservation de l'état original est un souci majeur.
- Le **bâtiment hybride**, datant de 1880 à 1950 environ. Ce bâtiment comporte une structure indépendante en béton armé ou en acier. Le mur est à la fois porté par la fondation et par la structure (d'où la désignation d' « hybride »). Le parement de maçonnerie fait corps avec l'arrière-mur, souvent sans cavité. Les deux parties du mur sont reliées l'une à l'autre par des éléments de maçonnerie placés en boutisse, ou par des ancrages métalliques.
- Le **bâtiment à mur écran pare-pluie** est postérieur à 1950 environ. Ce bâtiment comporte une structure indépendante en béton ou en acier. Le parement de maçonnerie est séparé de l'arrière-mur par un vide. Il obéit au principe de l'équilibre des pressions de part et d'autre du parement. L'arrière-mur peut être constitué de plusieurs matériaux tels que de la maçonnerie ou colombages métalliques.

3. Considérations et contraintes

Le patrimoine bâti est important pour la société, en raison de sa valeur historique, laquelle permet de comprendre le présent à travers le passé et de façonner l'avenir.

Certains bâtiments sont classés au niveau fédéral, provincial ou municipal. À cette fin, il y a lieu de connaître les diverses classifications historiques désignés à ces bâtiments, de même que les exigences des organismes concernés, tels que Parcs Canada (www.pc.gc.ca), le Ministère de la Culture et des Communications du Québec (www.mccc.gov.qc.ca) et les diverses municipalités dont les publications incluent :

- demande de classement d'un bien culturel en vertu de la loi sur les biens culturels
- le statut de bien culturel et ses effets

Si le projet comporte un changement d'usage dans le bâtiment (ou une remise aux normes) il est primordial de s'assurer qu'il est compatible avec les capacités du bâtiment. Par exemple, il pourrait être difficile et coûteux d'aménager un musée ou une bibliothèque de livres rares dans un bâtiment ancien, en raison des exigences thermiques et hygrométriques ou de faire porter par la structure les charges relatives.

De plus en plus, les exigences du développement durable influenceront les décisions lors de travaux de restauration ou d'interventions sur des bâtiments existants.

4. Principes de conservation du patrimoine bâti

Les principes suivants doivent guider toute intervention :

- On intervient le moins possible.
- On ne répare pas si on ne comprend pas le problème.
- On identifie la source du problème et on corrige la cause avant de traiter les symptômes.
- On ne répare pas si ce n'est pas brisé.
- On ne remplace pas si on peut réparer. Si on doit absolument remplacer, on doit employer les mêmes matériaux que ceux d'origine (composition, forme, couleur, texture, etc.).
- On utilise, dans la mesure du possible, des matériaux aux propriétés compatibles avec ceux d'origine.
- On évite les interventions irréversibles pouvant modifier de façon permanente les propriétés d'origine.

Ces principes ont été énoncés lors de rencontres internationales. Pour plus de détails, voir Parcs Canada – *Normes et lignes directrices pour la conservation des lieux patrimoniaux au Canada* (www.pc.gc.ca).

5. Détériorations typiques; causes principales

Les causes principales de détérioration des matériaux (éléments de maçonnerie) et des assemblages de murs sont les suivantes :

- infiltration d'eau (pluie, eau souterraine, etc.)
- mauvaise évacuation de l'eau de pluie
- conception des détails de construction et exécution inadéquates
- qualité des matériaux inadéquate
- vieillissement naturel des matériaux
- manque d'entretien
- interventions antérieures inadéquates
- ajout d'isolant sans évaluation des conséquences
- changement d'usage (ajout de systèmes mécaniques, pression d'air, humidité, etc.)

Les détériorations des matériaux (éléments de maçonnerie) peuvent être divisées en huit catégories :

- croissance biologique
- détachement
- décoloration et dépôts de surface
- fissuration
- dommage mécanique
- détérioration du mortier
- changement de morphologie dans la surface de l'élément
- dommage dû aux malfaçons

Pour plus d'informations, consultez le *Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre* d'ICOMOS. Le **tableau 1** à la page 10 du présent document énumère les détériorations typiques des assemblages de maçonnerie ainsi que leurs causes probables.

6. Intervenants

Outre les propriétaires, les principaux intervenants sont les suivants :

- L'architecte expérimenté en conservation. Il analyse la situation, évalue les causes, propose une solution et planifie l'exécution ; en d'autres termes, il fait la synthèse de l'information recueillie et élabore le projet (plans et devis).
- L'ingénieur en structure expérimenté en conservation. Il collabore avec l'architecte et il fait l'analyse et la conception structurale de la maçonnerie.
- L'entrepreneur en maçonnerie. Il a l'expérience des techniques, méthodes et matériaux traditionnels pour l'exécution des travaux.
- L'entrepreneur général. Il chapeaute et coordonne les travaux quand ceux-ci nécessitent le recours à plusieurs corps de métiers.
- Le spécialiste de l'enveloppe du bâtiment fait l'analyse thermique et hygrométrique de l'enveloppe. L'analyse peut se faire à partir de connaissances spécialisées dans le domaine de la science du bâtiment et de la prise de mesures pertinentes dans le bâtiment. Le spécialiste de l'enveloppe utilise aussi les données par d'autres tels que le laboratoire d'essais pour déterminer la cause de la détérioration et développer des scénarios de solutions.
- Le spécialiste en matériaux (laboratoire d'essais). Il travaille de concert avec l'architecte, il identifie et caractérise les matériaux de l'enveloppe et définit leurs propriétés afin d'établir les causes des détériorations constatées et de choisir les matériaux de restauration appropriés aux conditions rencontrées. Il peut ainsi analyser la brique, la pierre de taille, le mortier, le coulis, le béton, etc., pour en connaître la composition chimique et minéralogique, de même que les propriétés physiques et mécaniques. Il peut également analyser et caractériser des assemblages (mortier-brique, par exemple).
- Le conservateur. Il possède une formation spécialisée dans l'usage et la composition des matériaux reliée à la construction en maçonnerie traditionnelle et à la sculpture. Il assiste l'architecte ou l'entrepreneur en maçonnerie pour les questions relatives aux techniques et méthodes spécifiques en matière de conservation.

Chapitre 2 - Processus d'intervention

Il est normal que les différentes parties du bâtiment subissent des détériorations avec le temps. L'évaluation de la condition physique d'un bâtiment et la détermination des travaux requis sont indispensables à sa conservation. Le processus d'intervention débute par une inspection sommaire afin de connaître l'état du bâtiment.

L'IMQ recommande fortement de faire inspecter son bâtiment régulièrement (entre 3 et 5 ans) et de confier cette tâche à un intervenant expérimenté.

1. Inspection, recherche et démarches initiales

Le processus comprend les trois étapes suivantes.

A) Une **inspection visuelle sommaire** permet de vérifier l'état des parties visibles et accessibles du bâtiment sans ouvrir les murs, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. L'inspection se fait à partir du sol et des parties accessibles à l'aide de jumelles et d'une caméra pour documenter les conditions physiques. Les services d'un arpenteur-géomètre peuvent parfois s'avérer utiles pour déterminer les écarts de verticalité du mur.

On identifie les matériaux utilisés, y compris la composition vraisemblable des murs, selon l'âge et l'emplacement du bâtiment ainsi que les documents de construction disponibles.

On procède au relevé sommaire de toutes les détériorations observables, et pas uniquement celles qu'on retrouve au niveau de la maçonnerie. En effet, les détériorations de la maçonnerie sont souvent causées par des éléments adjacents tels que toitures, parapets, calfeutrage, fenêtres, fondations, éléments en projection et solins.

L'inspection visuelle sommaire permet d'identifier les divers types de détériorations, cibler les endroits nécessitant une inspection plus détaillée et établir l'envergure de cette dernière.

Note : L'évaluation de la condition physique du bâtiment "*due diligence*" est un autre type d'inspection visuelle sommaire effectué lors d'une transaction immobilière ou une inspection quinquennale. Le but de cette inspection est d'identifier et de communiquer les déficiences physiques au propriétaire, c'est-à-dire la présence de défauts apparents ou la présence de défauts dus à un entretien reporté.

B) Il est très important de bien documenter les recherches. Pour cette raison, la seconde étape du processus est la cueillette et l'étude des données historiques concernant le bâtiment, notamment:

- La date de construction du bâtiment ; les documents de construction (plans et devis d'origine, contrats), et autres documents connexes s'il en existe.
- La date des interventions subséquentes avec les documents de construction correspondants.
- Les changements d'usage intervenus, s'il y en a eu.
- Les événements majeurs survenus (incendies, infiltrations d'eau, défaillances diverses, etc.).
- L'historique de l'environnement incluant les infrastructures et les bâtiments voisins.

Les principales sources d'informations pour les recherches sont : historique des permis de la Ville, titres de propriétés, Bibliothèque Nationale, Archives Nationales, Musée McCord, Atlas Lovell, archives de

journaux, photos prises par les propriétaires antérieurs, commentaires du gestionnaire d'immeuble, etc.

Il est important d'archiver et de conserver les documents recueillis et de tenir à jour toutes les interventions subséquentes.

C) La cueillette des données est suivie par des **démarches auprès des autorités** (Villes, MRC, Ministère de la culture et des communications du Québec et Parcs Canada, etc.) pour connaître les règles à suivre pour :

- obtenir les autorisations et permis nécessaires (établir les démarches pour discuter de la faisabilité du projet).
- trouver une solution de rechange lorsqu'il n'est pas possible de respecter les codes et les normes, et d'obtenir l'approbation auprès du Comité des mesures différentes de la Régie du bâtiment du Québec par exemple. Les services d'un spécialiste en codes et normes peuvent parfois s'avérer utiles.
- obtenir, si disponibles, des subventions pour la restauration de certaines composantes du bâtiment selon la catégorie et la classification patrimoniale de ce dernier.

3. Orientation de la démarche

Suite à l'inspection visuelle sommaire, une analyse préliminaire permet de catégoriser la situation et de développer un plan d'action approprié.

- Cas urgent.** Dans certains cas, on peut déceler certains dangers : instabilité structurale, déformation, risque de chute de matériau. À ce moment, il faut procéder à des mesures de protection pour le public (barricades, travaux de stabilisation temporaires et même évacuation du bâtiment) ainsi qu'à une étude approfondie. Tous les intervenants ont une responsabilité (voir point 6. Responsabilité civile des intervenants). Il est fortement conseillé d'aviser par écrit le propriétaire, les autorités ainsi que les ordres professionnels.
- Cas d'entretien normal** tel que calfeutrage, rejointoiment, nettoyage. Selon l'ampleur des travaux, on passe tout de suite aux documents contractuels (description des travaux détaillés et/ou plans et devis) pour faire appel à un ou plusieurs entrepreneurs spécialisés et expérimentés. Note : dans le cas où plusieurs entrepreneurs sont invités, il est important que des documents d'appels d'offres soient bien détaillés pour permettre une évaluation juste des soumissions reçues.
- Cas nécessitant une étude approfondie.** Lorsque l'inspection sommaire ne permet pas de cibler les causes des détériorations observées, une inspection détaillée et approfondie ainsi que des ouvertures exploratoires sont nécessaires. Mise en garde : les apparences peuvent être trompeuses. Les déficiences visibles d'apparence mineure sont parfois des indices de problèmes plus

sévères ailleurs. C'est ce qui justifie la nécessité de procéder à une inspection approfondie.

4. Méthodologie d'étude approfondie

Il est important de procéder méthodiquement selon les lignes directrices suivantes.

- Sondage physique systématique** avec un maillet pour déterminer les vides, anomalies, délaminations, etc. et ce, à partir de grue, nacelle ou échafaudage.
- On pratique des ouvertures exploratoires pour déterminer la composition réelle des assemblages et en constater l'état, ainsi que pour prendre des mesures ou procéder à la cueillette d'échantillons, tout cela dans le but de mieux comprendre les phénomènes de détérioration en jeu.

Ces ouvertures exploratoires sont pratiquées par un entrepreneur spécialisé (maçon, couvreur, etc.) sous la direction et en présence du professionnel chargé du projet. Il est important que le professionnel documente l'étude au moyen de photos, mesures et échantillonnages de matériaux pour faire la mise en plan des assemblages. Souvent, les plans d'origine montrant les assemblages de murs sont inexistantes ou incomplets. Les ouvertures exploratoires permettent de déterminer les compositions des assemblages. La mesure de la température et du taux d'humidité au moyen d'instruments peut également s'avérer nécessaire.

- On procède ensuite à des **recherches sur les caractéristiques et propriétés des matériaux** qui composent les murs, pour comprendre comment elles ont pu contribuer à l'apparition de la défaillance. Pour assurer la compatibilité des matériaux de remplacement, il est important de déterminer si nous sommes en présence de matériaux incompatibles. Dans le cas où les caractéristiques des matériaux sont inconnues, on poursuit ces recherches au moyen d'essais en laboratoire si nécessaire.
- On peut compléter ces recherches par **l'examen du comportement hygrothermique de l'assemblage** du mur pour évaluer et prédire les risques à long terme de l'effet de la migration de la vapeur d'eau et de l'air au travers l'enveloppe du bâtiment ainsi que des échanges thermiques entre matériaux. Certains logiciels peuvent être utilisés mais l'interprétation adéquate des résultats impose que les spécialistes aient une bonne connaissance des théories de la science du bâtiment, des limitations des logiciels utilisés, ainsi qu'une bonne connaissance des conditions actuelles des lieux.
- Dans certains cas, un suivi in-situ et une étude à long terme sont nécessaires. Pour ce faire, on procède aux mesures des conditions réelles existantes des assemblages et ce, sur une

période de temps prédéterminée et réajustée au fil du temps. Cette démarche peut être intrusive (capteurs d'humidité, de température et de mouvements apparents) ou non intrusive (imagerie, géo radar, thermographie). D'autres types de tests instrumentés tels que des essais physiques (cisaillement des joints, parasismique) peuvent être envisagés selon les problèmes rencontrés.

5. Formulation de solutions

Suite à toutes les informations recueillies par les sondages, les ouvertures exploratoires et les études du comportement des assemblages, on est en position d'élaborer des solutions aux problèmes de détérioration de la maçonnerie. En plus de tenir compte des opinions des différents intervenants expérimentés, les solutions devraient viser les points suivants :

- Identifier les sources et éliminer autant que possible les causes des problèmes. Les détériorations de la maçonnerie proviennent souvent de problèmes de toiture, d'infiltrations d'eau, d'un manque de support, et de détails problématiques.
- Contrôler le ruissellement de l'eau de surface sur les murs.
- Respecter les normes et codes applicables.
- Respecter les valeurs patrimoniales et les lignes directrices de conservation (voir point 4 au chapitre 1).
- Être durables.
- Être réalisables en fonction des budgets disponibles. Si nécessaire, échelonner le travail dans le temps, mais sans compromettre la qualité de l'ouvrage.
- Être esthétiquement acceptable, particulièrement lors d'intégration avec un ouvrage existant.
- Être validées avec des échantillons représentatifs et/ou sur des bancs d'essais au besoin.
- Utiliser des ressources disponibles et reconnues (main-d'œuvre et matériaux). Le cas échéant, assurer une formation et un suivi plus rigoureux.

Note : Une analyse hygrothermique est essentielle lors de changements d'usage du bâtiment particulièrement lorsque des systèmes de ventilation et de climatisation modernes sont ajoutés au bâtiment et que des modifications sont apportées aux composantes des murs telles que l'ajout d'isolant.

6. Responsabilité civile des intervenants

Il y a lieu de faire ici une mise en garde importante concernant la responsabilité des divers intervenants, relativement au bâtiment considéré.

Selon l'article 199 de la **Loi sur le bâtiment** (L.R.Q., c.B-1.1), le propriétaire a l'obligation d'entretenir son bâtiment. Il s'agit d'une responsabilité civile et pénale et ce même s'il n'a aucune connaissance en matière de construction. De plus, l'article 1467 du Code civil du Québec stipule que « *le propriétaire, sans préjudice de sa responsabilité à titre de gardien, est*

tenu de réparer le préjudice causé par la ruine, même partielle de son immeuble, qu'elle résulte d'un défaut d'entretien ou d'un vice de construction. »

Selon l'article 2.03 du **Code de déontologie des ingénieurs** (R.R.Q., 1981, c. I-9, r. 3, a. 2.03.), « *l'ingénieur doit, lorsqu'il considère que des travaux sont dangereux pour la sécurité publique, en informer l'Ordre des ingénieurs du Québec ou les responsables de tels travaux* » et ce, qu'il soit impliqué ou non dans ces travaux. L'article 2.01 du **Code de déontologie des architectes** (R.R.Q., 1981, c. A-21, r. 3, a. 2.01.) stipule que, « *dans l'exercice de sa profession, l'architecte doit tenir compte de ses obligations envers l'homme et son environnement et des conséquences que l'exécution de ses travaux peut avoir sur la vie, la santé et la propriété de toute personne.* »

À l'article 2118 du **Code civil du Québec** on mentionne qu' « *à moins qu'ils ne puissent se dégager de leur responsabilité, l'entrepreneur, l'architecte et l'ingénieur qui ont, selon le cas, dirigé ou surveillé les travaux, et le sous-entrepreneur pour les travaux qu'il a exécutés, sont solidairement tenus de la perte de l'ouvrage qui survient dans les cinq ans qui suivent la fin des travaux, que la perte résulte d'un vice de conception, de construction ou de réalisation de l'ouvrage, ou, encore, d'un vice du sol.* »

Toujours selon le **Code civil du Québec**, l'article 2120 stipule que « *l'entrepreneur, l'architecte et l'ingénieur pour les travaux qu'ils ont dirigés ou surveillés et, le cas échéant, le sous-entrepreneur pour les travaux qu'il a exécutés, sont tenus conjointement pendant un an de garantir l'ouvrage contre les malfaçons existantes au moment de la réception, ou découvertes dans l'année qui suit la réception.* »

Tous les intervenants qui constatent une situation dangereuse devraient en aviser immédiatement par écrit le propriétaire, les autorités ou le responsable des travaux.

Chapitre 3 – Exécution

1. Documentation technique

Idéalement, l'équipe multidisciplinaire ayant participé aux étapes précédentes (inspection, étude et élaboration des solutions) poursuit son implication dans l'étape d'exécution. Dans le cas contraire, on doit assurer la transmission de tous les documents recueillis (voir chapitres 1 et 2) à l'équipe assumant la continuité du projet. Ces documents incluent tous les relevés, rapports, photos, estimations et comptes rendus élaborés précédemment.

Une étude des documents relatifs au projet doit être effectuée afin de valider l'information et de voir s'il y a d'autres informations requises pour compléter les documents d'exécution. Si nécessaire, une inspection approfondie est réalisée pour préciser l'appareil, les détails de construction et tous les désordres des composants de l'enveloppe ainsi que leurs sources.

La documentation technique relative au projet à exécuter peut inclure et nécessiter :

- Relevés photographiques et rapports d'expertises.
- Élaboration de fonds de plans détaillés (voir chapitre 2). Ces plans sont élaborés en format électronique à partir des plans originaux (s'ils existent) et des relevés des conditions existantes.
- Description des types d'interventions qui auront lieu. Les interventions précédemment élaborées en équipe (architectes, ingénieurs, spécialistes en enveloppe du bâtiment) sont validées.
- Localisation et illustration des interventions à réaliser de manière graphique avec légende (réparation de fissures, remplacement, démontage-remontage, réancrage, etc.). Dans certains cas, détailler les interventions en numérotant les composants.
- Rédaction du cahier des charges décrivant les exigences techniques du projet et les conditions d'exécution du contrat. Ce cahier devrait inclure entre autres les instructions aux soumissionnaires, le formulaire de soumission, les conditions du contrat telles que garanties, la qualification, l'échéancier, etc. Celui qui prépare le devis doit s'assurer que les matériaux seront disponibles au moment d'effectuer les travaux. Dans le cas où la disponibilité des matériaux est limitée ou que le délai de livraison est trop long, le propriétaire doit les précommander.
- Contingence et allocation (\$) pour imprévus. En restauration, il est nécessaire d'inclure une contingence d'un minimum de 10% de la valeur de l'ensemble des travaux et parfois des allocations pour des travaux spécifiques non déterminés dans les documents de soumission.

Des estimations budgétaires sont élaborées par les professionnels selon les besoins du client et du projet. Ces estimations peuvent être réalisées dès l'étape préliminaire et actualisées tout au long du processus de préparation des documents de soumission.

Il est recommandé de préparer au moins un estimé budgétaire avant l'appel d'offres pour mieux évaluer les soumissions reçues.

Plus l'ensemble de ces documents est précis, plus les soumissions reçues refléteront l'étendue réelle des travaux. De plus, cela facilitera la comparaison des soumissions et servira d'outil afin de mieux contrôler l'échéancier et les dépassements budgétaires le cas échéant.

Il est important que le type d'octroi (marché) soit établi au tout début de l'étape d'élaboration de la documentation technique. Les types de marchés les plus courants sont : contrat à prix forfaitaire, contrat à prix coutant majoré et prix unitaires. Le type de marché est sélectionné selon l'ampleur des travaux ainsi que les politiques du propriétaire et aura une incidence sur le niveau de détails requis dans les documents techniques. Se référer au site de l'Association Canadienne de la Construction (ACC en anglais CCA) : www.cca-acc.com. À cette étape, il

faut déterminer le type de soumissionnaire : entrepreneur spécialisé ou entrepreneur général.

Les démarches pour les approbations spéciales auprès des autorités ayant juridiction telles que le ministère de la Culture et des communications, Parcs Canada et les municipalités (voir point 2. C) du chapitre 2) sont entreprises en parallèle à la préparation des documents.

2. Qualification

Le domaine de la restauration nécessite, de la part des ouvriers et des dirigeants, des compétences et des aptitudes particulières, distinctes et complémentaires à celles requises en construction neuve. Également, une sensibilisation face aux principes reconnus et aux objectifs en conservation est essentielle. Pour ces raisons, il est indispensable d'identifier les compétences des entreprises et de leur personnel disponible en fonction du type de travaux à exécuter. Certains outils peuvent aider le donneur d'ouvrage dans ce processus. Entre autres, on peut demander aux soumissionnaires de faire preuve de leurs compétences sur un banc d'essais. Aussi, les professionnels spécialisés en restauration possèdent des banques de personnes qualifiées, ce qui permet d'identifier rapidement la main-d'œuvre compétente.

Selon l'envergure et la difficulté du projet, des critères de sélection devront être établis. Une liste d'au moins 3 projets de nature similaire et de valeur comparable devrait être soumise par l'entrepreneur avec références du client et des professionnels impliqués dans l'exécution. Les qualifications du chargé de projet et du contremaître devraient être établies. Typiquement 10 années sont requises. En cas d'utilisation de matériaux spécialisés, la certification des ouvriers par le manufacturier peut être exigée.

La qualification peut se faire soit avant (préqualification), pendant le processus d'appel d'offres (enveloppe unique ou deux enveloppes) ou lors de l'exécution des travaux.

Préqualification. Avant le processus d'appel d'offres, le donneur d'ouvrage procède à une demande de préqualification souvent appelée *expression d'intérêts*. Seulement les entrepreneurs qualifiés à cette première étape seront invités à déposer une soumission lors de l'appel d'offres. Entre toutes, cette méthode permet le plus de contrôle sur la qualité de la main-d'œuvre tout en facilitant l'évaluation des soumissions reçues.

Pendant le processus d'appel d'offres. Si le processus de préqualification n'est pas retenu, on peut, pendant le processus d'appel d'offres, exiger les documents de qualification. En cas de documents incomplets ou si les critères minimums ne sont pas satisfaits, la soumission peut être rejetée.

Avec l'approche de deux enveloppes, les entrepreneurs présentent leurs qualifications dans une enveloppe séparée qui est ouverte en premier pour valider leurs compétences. Advenant le cas où ils

satisfont les critères de qualification, la deuxième enveloppe contenant le prix est ouverte. Si les critères ne sont pas satisfaits, la deuxième enveloppe est retournée à l'entrepreneur sans avoir été ouverte.

Avec l'approche d'une enveloppe unique, ceci peut créer des situations où la sélection peut être problématique lorsque les qualifications du plus bas soumissionnaire sont incertaines.

Les approches précédentes peuvent être raffinées avec un système de pointage pour les qualifications et le prix.

Lors de l'exécution. Les ouvriers doivent démontrer leurs compétences selon les exigences du devis. Cette méthode ne permet pas autant de contrôle que les précédentes. L'IMQ ne favorise pas cette dernière approche.

3. Appel d'offres et octroi du contrat

(Définition du Grand Dictionnaire Terminologique)
Appel d'offres : Procédure d'appel à la concurrence qui consiste, pour l'élaboration d'un projet, à inviter des fournisseurs de biens, des prestataires de services ou des entrepreneurs en construction, à présenter une offre précise en vue de l'attribution d'un marché. Afin de permettre une évaluation juste des différentes soumissions reçues, il est fortement recommandé de :

- Bien comprendre et adapter les conditions générales de contrat applicables au projet.
- Inclure des instructions détaillées aux soumissionnaires avec un formulaire de soumission contenant :
 - coût global avec ventilation détaillée
 - prix unitaires
 - prix séparés inclus ou non dans le contrat
 - accusés de réception des addenda
 - déclaration du calendrier des travaux
 - liste des documents à soumettre (preuves de qualifications, licences RBQ, assurances, cautionnements, résolution du signataire, lettre de conformité avec la CSST)
 - liste de déclaration des sous-traitants
- Déterminer la durée de la période de soumission selon l'ampleur et la complexité du projet.
- L'IMQ recommande d'inclure une visite des lieux obligatoire au début de la période d'appel d'offres.
- Diffuser les réponses aux questions à tous les soumissionnaires par addenda. Il faut donner, selon l'ampleur et les informations de l'addenda, le temps nécessaire aux soumissionnaires d'en prendre connaissance pour qu'ils puissent les inclure dans leur soumission.

À la suite de la réception des soumissions, on doit procéder à la vérification de leur conformité aux

documents de soumission et à leur analyse. On détermine le plus bas soumissionnaire conforme en tenant compte, en plus du prix global, des prix séparés inclus ou non dans le contrat et des prix unitaires.

Dans le cas où il y a un dépassement budgétaire, l'étendue des travaux doit être revue et ajustée pour rencontrer les budgets disponibles. Une fois ajustée selon les directives du donneur d'ouvrage, on peut négocier avec le plus bas soumissionnaire conforme ou retourner en appel d'offres limitées aux trois plus bas soumissionnaires conformes ou en appel d'offres général. La meilleure façon de gérer cette situation de dépassement est d'avoir des prix séparés déclarés lors du premier appel d'offres ce qui permet d'ajuster les travaux selon les budgets disponibles.

À la fin du processus d'évaluation des soumissions, les professionnels pourraient être appelés à recommander au donneur d'ouvrage le choix d'un entrepreneur qui satisfait l'ensemble des exigences et des qualifications.

Il est important que toutes les soumissions soient basées sur les mêmes critères (produits, matériaux, etc.). En principe, il ne devrait pas y avoir d'équivalence possible. Parfois, les entrepreneurs proposent des équivalents et, dans ce cas, le fardeau de la preuve leur revient. Pour cette raison, le processus d'équivalents devrait être clairement établi à l'intérieur des documents d'appel d'offres. Deux approches sont possibles :

- **Avant fermeture de soumission.** L'entrepreneur devra soumettre tous les documents de produits équivalents dans un délai raisonnable avant la fermeture (7 jours minimums sont recommandés) pour permettre leur évaluation par les professionnels du propriétaire et distribuer ces informations aux autres soumissionnaires par addenda.
- **Après la fermeture de soumission.** En plus de la responsabilité de faire preuve d'équivalence, l'entrepreneur doit justifier ses motivations et assumer tous les frais inhérents (professionnels, laboratoire, modification de documents, etc.) pour permettre l'acceptation de l'équivalence demandée.

Le contrat est octroyé selon les recommandations du professionnel, la politique du donneur d'ouvrage et les exigences des documents de soumission.

Après l'octroi du contrat ou suite à la sélection de l'entrepreneur, on doit établir ou reconfirmer auprès du client l'ampleur du mandat des professionnels (suivi ponctuel ou continu). De plus, il faut déterminer les intervenants requis (autres que les professionnels, l'entrepreneur et le maître d'œuvre) tels que le laboratoire d'essais, les fournisseurs et manufacturiers.

Bien que les rôles et les responsabilités des intervenants soient définis dans les documents, il est important de revoir ou de réitérer les différents rôles et les responsabilités de chacun en fonction du projet. Dans le cas d'intervenants ayant des rôles complémentaires ou qui se chevauchent, on doit

s'assurer que la communication des informations et des consignes est adéquate afin d'éviter tout retard, particulièrement lors d'imprévus.

4. Exécution

- **Démarrage** Avant le début du chantier, certains éléments administratifs devraient être mis en place tels que :
 - permis préalablement obtenu auprès de l'autorité ayant juridiction
 - documents demandés lors de l'appel d'offres tel que cautionnements, assurances, preuves de compétences des ouvriers
 - ventilation des coûts pour fins de paiement
 - programme de sécurité de chantier
 - liste des dessins d'atelier et échantillons
- **Calendrier.** Les objectifs du calendrier sont d'identifier les étapes séquentielles ainsi que le temps d'exécution requis pour chacune. Ceci permet d'identifier les points de repère ou de retard potentiel bien avant qu'ils aient un impact négatif sur l'avancement des travaux et les coûts. Cet outil servira à développer des stratégies correctives afin de respecter les délais d'exécution. Le calendrier des travaux doit être établi dès le début du projet. Ce calendrier devrait être suivi et faire l'objet d'une mise à jour hebdomadaire au fur et à mesure de l'avancement des travaux et inclure ce qui suit :
 - mobilisation du chantier
 - dessins d'atelier
 - certificat de conformité des matériaux
 - soumissions et approbation des échantillons
 - installation d'échafaudages
 - contrôle qualitatif (essais en laboratoire et *in situ*)
 - bancs d'essais
 - délai de livraison
 - ventilation des travaux (démolition, démontage, remontage, rejointoiement, nettoyage, etc.)
 - inspections et documentation de l'avancement des travaux
 - déficiences
 - approbation finale
 - démontage d'échafaudages
 - congés et vacances
 - etc.

Le calendrier devrait également inclure les travaux des autres corps de métier (couvresseurs, peintres, etc.). Des logiciels de gestion de projets (MS Project, Primavera, etc.) sont disponibles pour gérer le calendrier des travaux.

- **Réunion de démarrage.** Elle sert à établir les lignes de communication ainsi qu'à confirmer les objectifs et les enjeux du projet. Tous les intervenants y seront identifiés et leurs rôles définis.
- **Réunions de chantier.** Des réunions sont indispensables à la coordination des divers

travaux. Typiquement, ces réunions dont la fréquence est déterminée selon l'ampleur et le déroulement des travaux, sont dirigées par les professionnels du projet en présence du client, de l'entrepreneur et des sous-traitants le cas échéant. Les points clés pour l'avancement des travaux sont discutés lors des réunions et notés dans le procès-verbal. Ce dernier est habituellement rédigé par ces mêmes professionnels et distribué aux intervenants présents et concernés. Selon l'ampleur du projet, l'entrepreneur général peut convoquer des réunions avec ses sous-traitants pour assurer une bonne coordination entre les divers corps de métier.

- **Échantillonnages et bancs d'essais.** Des échantillonnages et des bancs d'essais sont importants pour valider les choix faits lors de l'étape de design (interventions et produits proposés), vérifier les qualifications des maçons et établir un consensus sur les attentes envers chaque type d'intervention. La majorité des bancs d'essais sont effectués au début des travaux mais certains sont faits tout au long de la période de construction. Les bancs d'essais permettent de s'adapter aux diverses conditions de chantier et de vérifier les qualifications de nouveaux maçons s'il y a lieu. Ils sont effectués sur le bâtiment à des endroits dissimulés ou dans des conditions similaires (*in situ* ou en laboratoire) et il faut prévoir un temps suffisamment long (mûrissement) pour bien évaluer les résultats. Les échantillons doivent comprendre la gamme complète des éléments (textures et couleurs allant du plus pâle au plus foncé, etc.).
- **Surveillance des travaux.** La surveillance des travaux est essentielle pour assurer un ouvrage de qualité. Le succès du projet est en grande partie tributaire des efforts consacrés au suivi des travaux. Une coordination entre les concepteurs et l'entrepreneur est essentielle afin d'atteindre cet objectif. Celle-ci devrait être confiée à des personnes expérimentées ayant déjà œuvré dans ce domaine. Idéalement la surveillance de chantier est confiée au même personnel qui en a fait la conception. La fréquence des visites devrait être déterminée selon l'ampleur, la complexité des travaux et le budget disponible. Des visites de chantier régulières et imprévisibles permettent de mieux contrôler la qualité du travail et les méthodes employées et d'assurer la conformité des travaux selon les documents contractuels. Après chaque visite, les rapports doivent être enregistrés et les photos classées ce qui facilitera la mise à jour des plans de construction.
- **Essais en laboratoire.** Il est nécessaire d'effectuer des essais en laboratoire sur tous les matériaux utilisés en chantier (éléments de maçonnerie, mortier, coulis, attaches, ancrages, etc.) pour assurer leur qualité et conformité. Des échantillons sont prélevés et analysés au début et au cours du chantier à intervalle déterminé dans les documents contractuels et selon les besoins du chantier.

- **Documentation.** La documentation, à la fin du contrat, doit inclure les plans et devis annotés (tel que construit) avec toutes les interventions effectuées (ancrages, remplacements d'éléments, réparations avec mortiers spécialisés, etc.) ainsi que toutes les fiches techniques, résultats des essais de laboratoire des produits utilisés sur le projet et certificats de garanties. Une liste de composants nécessitant un entretien spécifique devrait être également incluse. Cette documentation est importante pour évaluer la performance des interventions à moyen et à long terme et pour développer un programme adéquat d'inspection et d'entretien. Ces documents devraient être ajoutés aux archives du bâtiment pour consultations et interventions futures.

5. Inspection et entretien

Pour tout composant d'un bâtiment, l'inspection et l'entretien réguliers et périodiques sont la clé pour en assurer la durabilité. Il est recommandé d'inspecter un ouvrage de maçonnerie tous les 3 à 5 ans ainsi qu'à la fin de la période de garantie de travaux et dans le cas d'événements extrêmes (tremblement de terre, excavation, dynamitage, etc.). Ceci permettra d'identifier les défaillances et de les corriger rapidement avant qu'ils n'entraînent des problèmes et des coûts de réparation majeurs. Toutes les interventions devraient être notées et conservées dans les archives du bâtiment.

Bibliographie

Les programmes : Wufi, MOIST, le HygIRC 1-D (<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/bes/software/hygIRC>) ou QBSS H.A.M. (Heat Air Moisture) Boite d'outils (<http://www.rousseaubuildingspecialist.com>).

American Society of Civil Engineering, « Guidelines for the Structural Condition Assessment of Existing Buildings », 1991 ;

Ashurst, J. Dimes, F. G. « Conservation of Building & Decorative Stone », Oxford, Butterworth-Heinemann, 1998 ;

Auger, J. Chartrand, L. Lavallée, J. Paradis, R. « Ce qu'il faut savoir pour rénover une maison » Libre Expression, 2008 ;

Auger, J. Roquet, N « Mémoire de bâtisseurs du Québec, Répertoire illustré de systèmes de construction du 18^e siècle à nos jours », Éditions du Méridien, 1998 ;

École d'Avignon, « Techniques et pratique de la chaux », Paris, Éditions Eyrolles, 1996 ;

London, M. et Bumbaru, D. « Maçonnerie traditionnelle », Héritage Montréal, Guide technique n° 3, 1984 ;

London, Mark. « Masonry, New York », The Preservation Press, 1988;

National Parks Service, US Department of the Interior, Technical Services, (www.cr.nps.gov), Preservation Briefs Numéros :

01: Assessing Cleaning and Water-Repellent Treatments for Historic Buildings ;

02: Repointing Mortar Joints in Historic Masonry Building;

06: Dangers of Abrasive Cleaning to Historic Buildings;

07: The Preservation of Historic Glazed Architectural TerraCotta ;

17: Architectural Character _ Identifying the Visual Aspects of Historic Building as an Aid to Preserving their Character ;

22: The Preservation and Repair of Historic Stucco;

31: Mothballing Historic Buildings ;

35: Understanding Old Buildings: The Process of Architectural Investigation ;

38: Removing Graffiti from Historic Masonry;

39: Holding the Line: Controlling Unwanted Moisture in Historic Buildings ;

42: The Maintenance, Repair and Replacement of Historic Cast Stone ;

43: The Preparation and Use of Historic Structure Reports.

Paré, Gilbert, « Vocabulaire de la maçonnerie », Les éditions de l'Équerre, 1993 ;

SCHL (www.cmhc-schl.gc.ca), « Revue des méthodes d'essai non destructives permettant d'évaluer la résistance, la tenue en service et la détérioration des bâtiments », 1996 ;

St. Louis, Denis, « Maçonnerie traditionnelle, volume I, II, et III », Héritage Montréal, 1984 ;

Weaver, Martin E. « Conserving Buildings - A Manual of Techniques and Materials », New York, Preservation Press, John Wiley and Sons Inc. 1997.

Tableau 1. Détériorations typiques d'assemblages de maçonnerie et causes probables des détériorations

Parties de l'ouvrage	Détériorations typiques	Causes probables des détériorations
Fondation	Fissuration	Gel, affaissement différentiel du sol
	Saturation et efflorescence du plancher et du côté intérieur des murs du sous-sol	Infiltration dans le mur, fissuration, manque d'étanchéité. Drainage insuffisant de la fondation
Mur en général	Fissuration	Déficiences des linteaux, mouvements de dilatation, affaissement différentiel
	Saturation et détérioration des finis du côté intérieur	Infiltration et saturation à travers des fissures, joints de mortier manquants, solins manquants ou inadéquats
	Désagrégation du mortier	Qualité du mortier ou exécution du travail. Présence d'humidité dans le mur ou mauvaise exécution du travail
	Défaillance en adhésion des mortiers	Mouvements, qualité du mortier ou exécution du travail inadéquate
	Écaillage des éléments de maçonnerie	Présence d'eau, gel, sels, érosion
	Présence de mousses et moisissures	Présence d'eau dans le mur
	Efflorescence	Présence d'humidité
	Saletés diverses (dépôts calcaires, rouille, etc.)	Voir le Maçonnerie-Info N° 20, Nettoyage des ouvrages de maçonnerie
	Détérioration et autres défaillances de surface des éléments de maçonnerie	Âge des matériaux et mauvaise qualité de ceux-ci
	Déformations telles que bombements et fléchissements	Infiltrations, gel, ancrages inadéquats, surcharges
Éléments en projection tel que bandeaux décoratifs sur les murs. Éléments sculptés	Saletés	Fientes de pigeon
	Saturation	Mauvaise conception de l'égouttement de l'eau : absence de surplomb, de pente et de coupe-larme à la partie inférieure des éléments en surplomb
	Érosion et détachements de galettes de pierre qui peuvent créer des situations dangereuses	Orientation des lits de pierres inappropriée
Ouvertures	Affaissement des arcs	Mouvements, surcharges, infiltration d'eau, gel, conception des détails et/ou exécution inadéquate
	Fléchissement et/ou corrosion des linteaux d'acier	Mouvements, surcharges, infiltration d'eau, protection d'acier inadéquate, solins manquants
Parapets	Saturation et détérioration des finis du côté intérieur	Infiltration d'eau, absence de solins et larmiers au sommet des parapets, mauvaise évacuation de l'eau du toit
	Déformation	Manque de contreventement, infiltration, gel
	Détérioration accélérée des éléments de maçonnerie	Présence d'eau, gel
Cheminées	Saturation et détérioration des finis du côté intérieur	Infiltration d'eau, absence de solins et larmier à la base du couronnement. Conduit inadéquat ou manquant
	Déformation	Manque de contreventement, gel
	Détérioration accélérée des éléments de maçonnerie	Saturation, gel / dégel