

guide
technique

Les fondations

10



MAÎTRE
D'OEUVRE



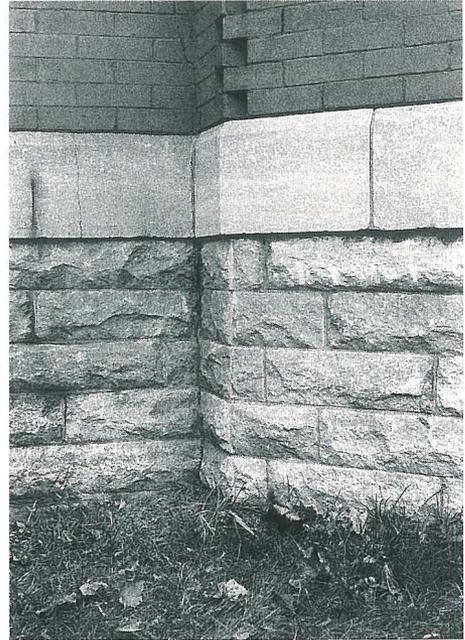
Table des matières

<i>Historique</i>	3
<i>Terminologie</i>	6
<i>Recommandations générales</i>	7
<i>Inspection</i>	8
<i>Entretien</i>	11
<i>Réparation</i>	14
<i>Réfection</i>	20
<i>Conclusion et bibliographie</i>	22

Historique

Du début de la colonie jusqu'à la fin du XIX^e siècle: fondations en pierre

Bien asseoir les bâtiments sur le sol a toujours été une des principales préoccupations des constructeurs québécois. Si au début de la colonie la plupart des maisons en pièce sur pièce reposent directement sur le sol, très tôt on adopte l'habitude d'élever les bâtiments sur des fondations. Celles-ci sont d'abord constituées de pierres des champs empilées, puis de moellons grossièrement équarris, parfois disposés sur une base de pierres plus larges ou sur des pièces de gros bois d'œuvre. Les pierres, de calcaire ou de granit, sont assemblées avec ou sans mortier et sont parfois recouvertes d'un crépi de chaux, afin d'étancher l'assemblage. Plus tard, au cours du XIX^e siècle, la partie hors terre des murs de fondation des édifices plus importants sera constituée d'un assemblage de pierre de taille qui leur tiendra lieu de socle. Certaines maisons de la même époque sont construites sur des fondations en brique, mais cette pratique demeurera marginale au Québec.



Partie hors sol en pierre de taille d'un mur de fondation.

Peu à peu, avec le temps et l'expérience, les bâtisseurs apprennent à évaluer la stabilité des différents types de sol et à dimensionner les murs de fondation en conséquence. Ainsi, la profondeur et l'épaisseur des murs varient selon la géologie du lieu. Lorsque cela est possible, les sols meubles sont excavés jusqu'au roc avant d'y asseoir les constructions. Aux endroits où le niveau de la nappe d'eau souterraine (ou nappe phréatique) est élevé, certains sols à faible capacité portante sont même remblayés avec du sable compacté afin de former une assise plus stable. Pour dimensionner les fonda-

tions, les constructeurs de l'époque tiennent compte de la nature du sol et de la distribution des charges du bâtiment à supporter. En général, leur profondeur correspond au sixième de la hauteur de l'édifice alors que leur épaisseur est deux fois supérieure à celle des murs qu'elles supportent. L'épaisseur des murs de fondation varie entre 400 et 800 mm (16 à 32 po). Ces murs excèdent généralement le sol extérieur de 600 mm (2 pi), dégagant ainsi un espace sous le plancher du rez-de-chaussée. Cet espace, ou vide sanitaire, servait autrefois à l'entreposage de la nourriture. Dans les édifices plus importants, l'espace en sous-sol est parfois voûté, de manière à offrir un dégagement suffisant pour être habitable ou pour servir de lieu d'entreposage frais tout au long de l'année.



(Marc St-Jacques)

Les fondations sont l'empreinte d'un bâtiment dans le sol. Longtemps après sa démolition, elles peuvent encore en révéler la trace et, à travers l'archéologie, en raconter l'histoire.



Ville de Québec

Cave voûtée du second palais de l'Intendant servant aujourd'hui à des fins d'exposition.

Au XX^e siècle: fondations en béton

Vers la fin du XIX^e siècle, l'introduction du ciment dans l'industrie de la construction suscite l'apparition de nouvelles méthodes de bâtir. C'est à cette époque qu'apparaît l'usage de coffrages pour couler les murs de fondation. On creuse alors des tranchées dans lesquelles sont disposées des planches; puis on y déverse un mélange de ciment et de pierraille. Ce n'est cependant qu'à partir du XX^e siècle que le béton est couramment utilisé pour la construction des fondations.

Les murs de fondation en béton coulé sont beaucoup moins épais que les murs en pierre. En fait, pour les petits bâtiments, ils ont rarement plus de 250 mm (10 po) d'épaisseur. Cependant, afin de distribuer les charges du bâtiment sur une surface de sol plus étendue, ils doivent reposer sur des semelles (ou empattements) et ils sont très souvent munis d'une armature de métal pour résister aux poussées latérales du sol. Par ailleurs, les fondations en béton sont généralement recouvertes d'un enduit bitumineux et pourvues d'un système de drainage installé à la base des murs. Ces mesures permettent d'améliorer grandement l'étanchéité des fondations et de réduire le taux d'humidité du sous-sol, le rendant plus habitable. Les dimensions et la profondeur des murs de fondation sont toujours déterminées en fonction de la nature du sol et du type de bâtiment qu'ils doivent supporter; à cet effet, on dispose aujourd'hui de règles de calcul très précises.

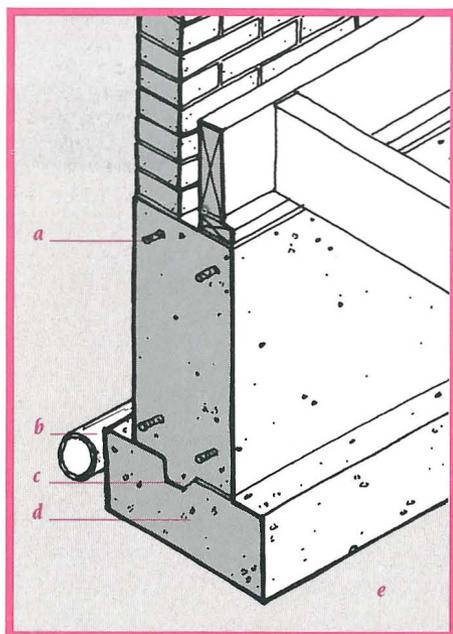
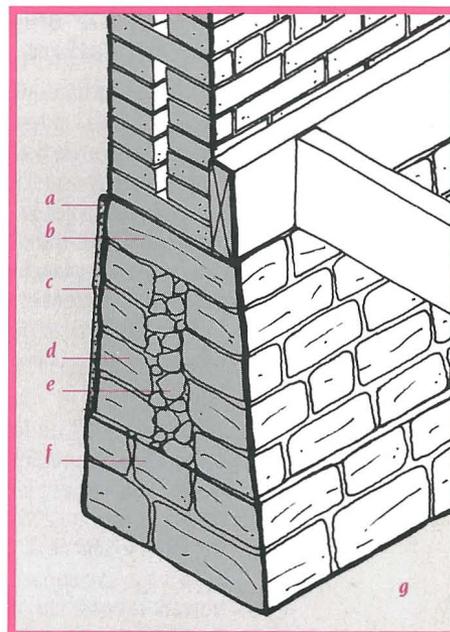


Mise en place du béton des empattements. On distingue la clé et les tiges d'armature.

Terminologie

Les fondations en pierre

- a) Crépi de chaux
- b) Boutisse
- c) Joint de mortier
- d) Moellon
- e) Blocage
- f) Empattement
- g) Sous-sol ou vide sanitaire



Les fondations en béton

- a) Armature
- b) Drain
- c) Clé
- d) Empattement
- e) Sous-sol ou vide sanitaire

Recommandations générales

Afin de constituer une bonne assise et d'assurer la stabilité d'une construction, les fondations doivent remplir les fonctions suivantes :

1. Distribuer également les charges du bâtiment sur le sol, sans engendrer de déséquilibre.
2. Résister aux poussées latérales du sol, ainsi qu'aux mouvements causés par le gel et le dégel.
3. Empêcher l'infiltration de l'eau contenue dans le sol environnant afin, entre autres choses, de garder la charpente au sec et d'en prévenir la pourriture.

Comme ce sont les fondations qui transfèrent au sol toutes les charges du bâtiment, un problème à ce niveau peut avoir de sérieuses conséquences sur les autres composantes de l'édifice, tels les murs et les revêtements extérieurs, la charpente, ainsi que la finition intérieure. C'est pour cette raison qu'il faut entretenir soigneusement cette partie de l'édifice, essentielle à la conservation de l'ensemble. Il importe aussi de réparer et d'étancher les murs de fondation aussitôt qu'apparaît une défectuosité, même mineure.



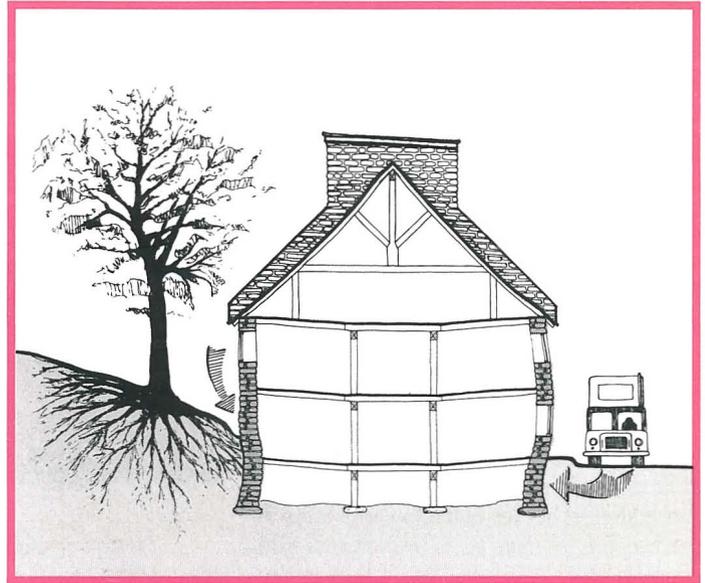
La réfection des fondations d'un bâtiment est une opération complexe et coûteuse qui pourra être évitée si les fondations sont soigneusement entretenues et réparées.

Bien qu'on puisse réaliser soi-même quelques opérations d'entretien et de réparation, des travaux majeurs au niveau des fondations ne devraient pas être entrepris par un propriétaire inexpérimenté; les conséquences de ses erreurs peuvent être importantes. Il est aussi déconseillé de confier ce type d'intervention à des entrepreneurs spécialisés sans avoir, au préalable, demandé l'avis de professionnels indépendants. Si les premiers peuvent régler certains problèmes spécifiques, ce n'est pas toujours en tenant compte du contexte d'ensemble du bâtiment; les seconds seront plus en mesure de proposer des solutions coordonnées et intégrées qui élimineront les problèmes à la source. Les coûts de consultation d'un architecte ou d'un ingénieur sont largement compensés lorsqu'ils permettent d'éviter des travaux inutiles ou des solutions inefficaces.

Inspection

L'inspection des fondations est une étape essentielle de l'évaluation de l'état général d'un bâtiment. Il arrive souvent qu'elle permette de découvrir l'origine de certains problèmes observés sur les murs extérieurs. Cette investigation débute à l'extérieur par l'examen du terrain et de toutes les façades du bâtiment; elle se poursuit à l'intérieur, dans la cave ou le vide sanitaire, par l'observation des murs de fondation et de la charpente de bois. Il importe de prendre son temps et de relever systématiquement toutes les anomalies ou déficiences observées.

Il est certes plus agréable et plus facile d'effectuer ce travail par beau temps, mais certaines vérifications doivent être faites lorsqu'il pleut. C'est pourquoi il est utile d'étaler l'inspection sur une période de temps assez longue, lorsque cela est possible. Afin de procéder à cette inspection, on doit se munir, en plus de papier et de crayons, d'une lampe de poche, d'un ruban à mesurer et d'un pic ou d'un couteau pointu; une caméra et une lampe-éclair pourront aussi s'avérer utiles. La liste suivante indique les principaux points à vérifier.



1. Emplacement

- *Le bâtiment est-il situé près d'une voie importante de circulation?*
- *Le sol a-t-il été excavé récemment à proximité du bâtiment?*

La nature du sol, la végétation et la circulation routière sont quelques-uns des facteurs qui influencent la stabilité des fondations.

Dans les zones urbaines, les vibrations causées par le trafic lourd, les travaux d'excavation et les opérations de dynamitage effectuées lors de la construction de nouveaux édifices ou de l'installation de services souterrains peuvent modifier les conditions du sol et déstabiliser les fondations. Par ailleurs, lorsqu'un bâtiment est situé très près de la rue ou du trottoir, la base des murs est susceptible d'être abîmée par les sels à déglacer. On devrait donc la recouvrir d'un protecteur hydrofuge ou d'un crépi qu'on entretiendra régulièrement.

2. Terrain et végétation

- *Sur quel type de sol les fondations sont-elles appuyées?*
- *Y a-t-il des arbres à proximité du bâtiment? De quelles essences s'agit-il?*
- *Le terrain est-il en pente de manière à éloigner l'eau du bâtiment? Y a-t-il des flaques d'eau au pied des murs?*

Les différents types de sol (sable, roc ou argile) présentent des caractéristiques très variables quant à leur capacité portante, leur stabilité et leur perméabilité. Par exemple, le sable se draine efficacement de façon naturelle, le roc est très stable et peu soumis à l'action du gel et du dégel, alors que les sols argileux retiennent l'eau et gonflent lorsqu'ils gèlent. Par ailleurs, certaines essences d'arbres, comme les peupliers, les saules ou les ormes, ont des racines qui assèchent les sols et les font se tasser. Finalement, l'accumulation d'eau au pied des murs peut provoquer la détérioration du mortier et entraîner des infiltrations. C'est pourquoi il importe d'éloigner l'eau du bâtiment grâce à de bonnes pentes de terrain et un système efficace de gouttières et de descentes pluviales.



3. Murs de fondation

- *Les murs sont-ils en pierre ou en béton?*
- *Si les murs sont en pierre, sont-ils assemblés avec ou sans mortier?*
- *Les pierres sont-elles saines?*
- *Y a-t-il des traces d'efflorescence sur la face intérieure ou extérieure des murs?*
- *Peut-on évaluer la profondeur des fondations?*

Les murs de pierre assemblés sans mortier sont les plus susceptibles de laisser l'eau s'infiltrer. C'est pourquoi on les recouvre parfois de crépi à l'extérieur. Ce revêtement doit cependant être maintenu en bon état afin d'assurer au mur une certaine étanchéité. L'efflorescence est un dépôt de sels blancs qui apparaît à la surface d'un mur lorsqu'il y a pénétration d'eau ou d'humidité. En outre, la profondeur des murs et leur épaisseur à la base influent sur toute la stabilité de la structure. De façon générale, les fondations construites avant la fin du XIX^e siècle ne sont pas assez profondes (donc soumises au gel) et ne sont pas étanches. On verra plus loin comment il est possible de corriger ces lacunes.

Un revêtement de crépi détérioré expose le mur de fondation aux infiltrations d'eau et à l'attaque des sels.

4. Fissures

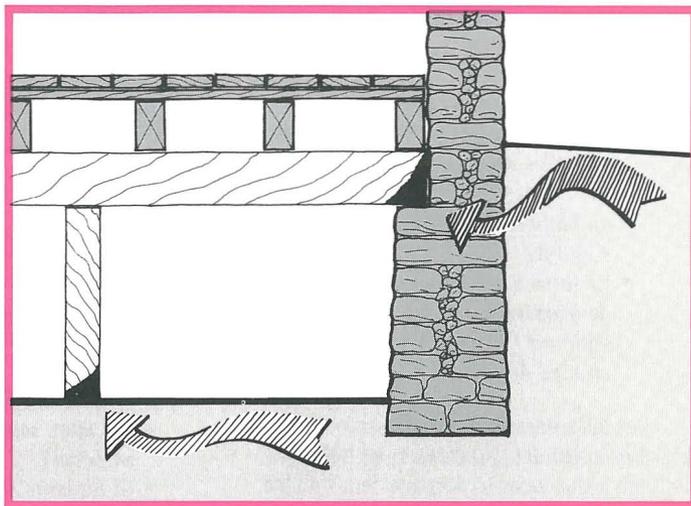
- *Y a-t-il des fissures dans les murs de fondation?*
- *Y a-t-il des fissures dans les murs extérieurs? Dans les finis intérieurs?*
- *Le mouvement semble-t-il s'être stabilisé ou dure-t-il toujours?*

Les fissures dans les murs de fondation peuvent être visibles de l'extérieur ou de l'intérieur si le sous-sol n'est pas fini. Les fissures importantes proviennent généralement d'un tassement inégal du sol et se transmettent aux étages supérieurs, dans les finis intérieurs ou les revêtements extérieurs. Si les fissures semblent avoir été déjà réparées mais qu'elles ont réapparu, on peut en déduire que le mouvement persiste ou qu'il se reproduit de façon saisonnière. Il importe donc d'étudier ce phénomène sur une période de temps assez longue pour en comprendre l'évolution et en corriger les causes avant d'entreprendre les réparations.

5. Infiltrations

- *Y a-t-il des traces d'eau ou d'humidité du côté intérieur des murs de fondation?*
- *Le sous-sol est-il bien ventilé?*
- *Y a-t-il un système de drainage à la base des murs de fondation?*

Les indices de problèmes d'eau ou d'humidité au sous-sol peuvent être nombreux : condensation, traces d'efflorescence sur les murs, pourriture du bois de charpente, odeur de mois. Il est possible de réduire et même d'éliminer ces problèmes en améliorant le drainage du sol, l'étanchéité des murs de fondation et la ventilation du sous-sol, selon les méthodes décrites dans les pages suivantes.



6. Charpente de bois

- *Les pièces de bois appuyées sur les murs de fondation ou sur le sol sont-elles pourries?*
- *Les solives et les poutres au sous-sol sont-elles déformées?*
- *Les planchers des étages sont-ils fortement inclinés?*

La pourriture de la charpente de bois est une des conséquences possibles d'un problème d'eau ou d'humidité au sous-sol. Le bois pourri cèdera facilement sous la pression d'un objet pointu. Il importe de vérifier particulièrement les parties qui sont en contact avec les murs de fondation et avec le sol. Une charpente pourrie ou déformée aura des répercussions sur la stabilité de tout le bâtiment ; il peut en résulter des lézardes sur les murs intérieurs ou des pentes dans les planchers. Il faut donc y porter une grande attention et effectuer rapidement les réparations ou les renforcements nécessaires.

L'humidité du sous-sol peut faire pourrir le bois en contact avec les pierres, les murs ou le sol.

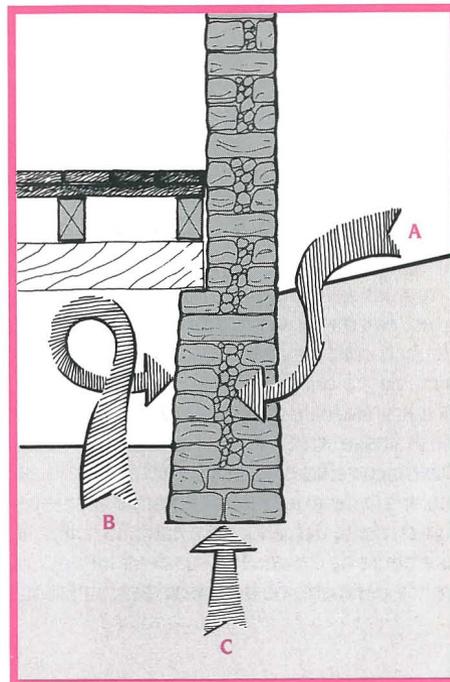
Entretien

Un bon programme d'entretien des fondations comprend, avant tout, une visite régulière au sous-sol ou dans le vide sanitaire, afin d'y détecter toute anomalie qui pourrait survenir au niveau du sol, des murs ou de la charpente. Le problème principal, qui est aussi le plus répandu, est la présence d'eau ou d'humidité. C'est d'ailleurs à la fonte des neiges qu'il se manifeste avec le plus d'acuité.

Mais d'où viennent cette eau et cette humidité qui rendent désagréable l'atmosphère des sous-sol, où règne parfois une odeur nauséabonde? Il s'agit de l'eau contenue dans le sol autour de la maison (voir l'illustration) et qui s'infiltré à travers les murs de fondation (A), s'élève des planchers en terre battue (B) ou monte dans les murs de fondation par capillarité (C). La capillarité est un phénomène par lequel l'eau, absorbée par les pores du matériau, y monte littéralement comme dans une éponge.

L'eau qui s'infiltré dans les murs transporte souvent des sels qui, lorsqu'elle s'évapore, se déposent sur leur surface et laissent des traces blanches qu'on appelle efflorescence. Ces dépôts, lorsqu'ils s'accumulent, peuvent provoquer la détérioration des pierres ou du béton.

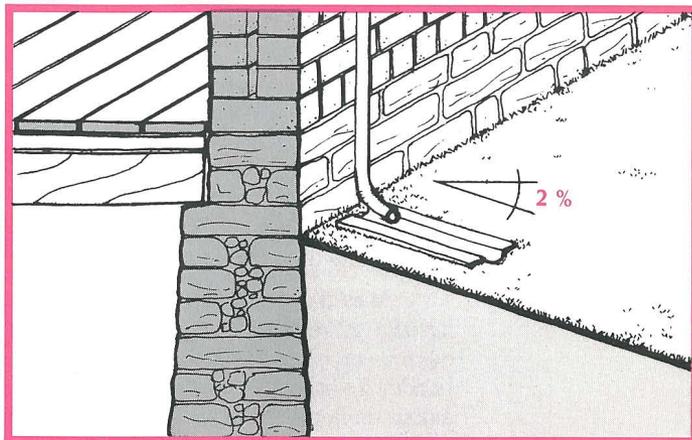
L'entretien des fondations doit viser à éliminer les sources possibles d'infiltration. Il existe trois mesures simples qui, appliquées conjointement, peuvent limiter considérablement les problèmes d'humidité au sous-sol: l'évacuation des eaux de surface, l'amélioration de l'étanchéité des murs et du plancher, ainsi que la ventilation du sous-sol.



Les différentes sources d'infiltration d'eau ou d'humidité au sous-sol.

L'évacuation des eaux de surface

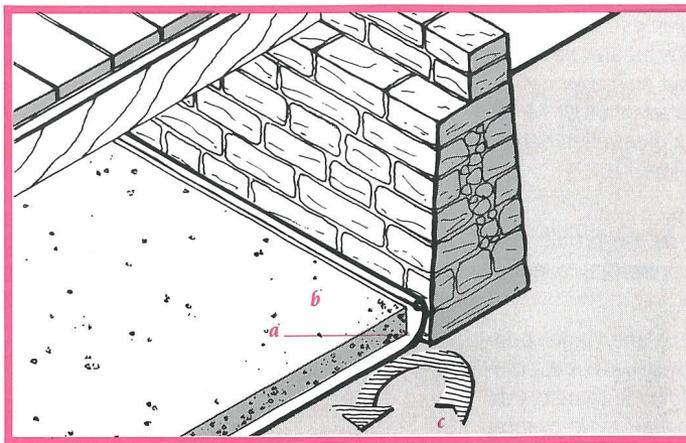
L'objectif de cette mesure est de réduire la quantité d'eau contenue dans le sol à l'extérieur des fondations. On doit d'abord s'assurer du bon fonctionnement du système de gouttières. En effet, si l'eau qui coule du toit s'accumule à la base des murs, elle finira éventuellement par pénétrer dans le sous-sol. Ainsi, il faut prolonger les descentes pluviales afin d'éloigner l'eau du bâtiment. Il faut cependant éviter de raccorder les descentes pluviales au drain agricole, ce qui aurait pour effet d'augmenter démesurément le volume d'eau dans le système de drainage lorsqu'il y a de fortes averses. Une autre façon efficace d'empêcher l'eau de s'accumuler à la base des murs est d'aménager le terrain en pente descendante à partir du bâtiment; une pente de 2 pour 100 sur deux mètres, sur tout le périmètre de la maison, sera suffisante.



L'étanchéité des murs et du plancher

Certains murs de fondation en pierre sont assemblés sans mortier; les espaces entre les pierres permettent le passage de l'eau. Si les pierres ont été assemblées avec du mortier, il est possible que celui-ci soit devenu friable en vieillissant et qu'on doive réparer les joints. Cette opération s'appelle le rejointoiement et on peut y procéder par l'extérieur ou par l'intérieur. On ne doit cependant refaire les joints par l'intérieur qu'après s'être assuré de l'étanchéité des joints du côté extérieur; on risquerait sinon d'emprisonner dans le mur une certaine quantité d'eau. Pour faire le rejointoiement, il suffit de débarrasser les joints de leur vieux mortier, sur une profondeur de 25 mm (1 po) et de les remplir avec un nouveau mortier, mélange dosé de sable, d'eau, de chaux et de ciment Portland.

Un terrain en pente et des descentes pluviales prolongées facilitent l'écoulement des eaux de surface.



L'installation d'un pare-vapeur, recouvert de sable ou de béton, limite la transmission d'humidité par le plancher.

- a) membrane pare-vapeur*
- b) dalle de béton*
- c) humidité*

La partie hors sol des murs de fondation est particulièrement vulnérable aux éclaboussures et à l'attaque des sels. Un revêtement de crépi peut améliorer l'étanchéité du mur et protéger les pierres; il devra cependant être repris tous les deux ou trois ans. Une solution intéressante pour étancher les pierres exposées est de les enduire d'un protecteur hydrofuge. Ce type de produit s'applique généralement au fusil et recouvre les pierres d'une pellicule invisible, qui résiste à l'eau et aux sels, tout en permettant le passage de la vapeur d'eau sans l'emprisonner dans le mur.

Les planchers en terre battue sont aussi une source importante d'humidité. On peut généralement améliorer la situation en étendant une membrane de polyéthylène sur le sol nettoyé et nivelé. Cette membrane pare-vapeur devra ensuite être recouverte de 75 mm (3 po) de sable ou de béton.

Réparation

Lorsque les problèmes d'eau et d'humidité persistent ou que des fissures se reproduisent chaque année, il faut envisager des réparations qui exigent plus d'attention et d'énergie que les simples travaux d'entretien décrits précédemment. On doit alors:

1. Identifier les problèmes.
2. Rechercher les causes de ces problèmes.
3. Choisir une solution qui interrompra le processus de dégradation.

Le tableau 1 donne un aperçu des principaux problèmes, de leurs causes et des solutions possibles. On recommande toutefois de solliciter l'avis d'un professionnel avant d'entreprendre des travaux sur une partie de bâtiment aussi importante que les fondations.

La réparation des murs de fondation exige parfois que leur face extérieure soit dégagée complètement, ce qui implique des travaux d'excavation majeurs et généralement coûteux. Afin de s'éviter ces dépenses, on a intérêt à profiter de l'exécution de travaux d'excavation par les services municipaux pour réparer des joints et des fissures, étancher un mur de fondation ou installer un système de drainage.

Tableau 1

Causes et solutions des problèmes courants au niveau des fondations

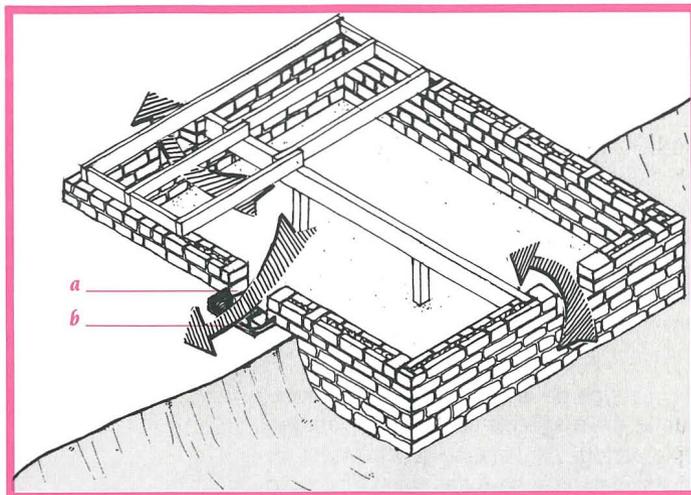
Problèmes observés	Causes	Solutions
<ul style="list-style-type: none">• Dégradation de la partie extérieure hors sol	<ul style="list-style-type: none">• Chocs mécaniques• Sels à déglacer	<ul style="list-style-type: none">• Protéger le bas des murs par un crépi et l'entretenir
<ul style="list-style-type: none">• Eau ou humidité au sous-sol	<ul style="list-style-type: none">• Mauvais drainage du sol	<ul style="list-style-type: none">• Installer ou réparer les gouttières et les descentes pluviales• Aménager une pente dans le terrain• Installer un système de drainage des fondations
	<ul style="list-style-type: none">• Murs perméables	<ul style="list-style-type: none">• Rejointoyer les murs de pierre• Réparer les fissures• Imperméabiliser les fondations• Dégager les fenêtres et les soupiraux ou en installer
	<ul style="list-style-type: none">• Mauvaise ventilation• Humidité du plancher	<ul style="list-style-type: none">• Installer un pare-vapeur sur le sol
<ul style="list-style-type: none">• Fissures ou déformations	<ul style="list-style-type: none">• Instabilité du sol	<ul style="list-style-type: none">• Installer ou réparer les gouttières et les descentes pluviales• Aménager une pente de terrain• Installer un système de drainage des fondations
	<ul style="list-style-type: none">• Faiblesse des murs	<ul style="list-style-type: none">• Consolider les murs• Effectuer des reprises en sous-oeuvre
	<ul style="list-style-type: none">• Semelles trop étroites ou trop peu profondes	<ul style="list-style-type: none">• Isoler les fondations• Effectuer des reprises en sous-oeuvre

Réparations des fissures

Les fissures seront observées sur une assez longue période de temps, de préférence un cycle d'une année, de manière à déterminer si elles évoluent encore, si elles se répètent régulièrement ou si elles se sont stabilisées. Pour ce faire, il faut mesurer régulièrement la fissure afin de savoir si elle augmente en largeur ou en longueur; on peut aussi la réparer partiellement et vérifier si elle réapparaît. Il est important de ne réparer une fissure que lorsque son évolution est arrêtée, généralement après en avoir identifié et enrayé la cause. La réparation se fait le plus souvent par l'injection dans l'épaisseur du mur d'un mélange de mortier contenant de l'époxy, ce qui permet d'étancher l'ouverture tout en rétablissant un lien solide entre les deux sections du mur.

La ventilation du sous-sol

Il faut non seulement empêcher l'humidité de pénétrer dans le sous-sol, mais aussi, le cas échéant, on doit lui permettre de s'échapper vers l'extérieur et éviter qu'elle ne gagne les étages supérieurs. En plus d'identifier les sources d'humidité et d'en contrôler la pénétration, il faut donc ventiler le sous-sol. La ventilation peut être assurée par des fenêtres ou des soupiraux. Si ceux-ci sont plus bas que le niveau du sol extérieur, il faut ménager un puits ou une margelle qu'on remplira de gravier jusqu'au drain. Il est important de dégager les margelles en été comme en hiver et de ne pas laisser les débris s'y accumuler.



La ventilation mécanique à l'aide d'un échangeur d'air constitue aujourd'hui une bonne solution pour ventiler le sous-sol, surtout lorsque l'air extérieur est très froid et que cet espace doit demeurer chaud. L'échangeur d'air est un appareil qui évacue l'air humide du sous-sol, tout en récupérant une partie de la chaleur qu'il contient et en réglant l'apport d'air frais de l'extérieur. Ce réglage est important durant la saison froide et difficile à effectuer avec des fenêtres ou des soupiraux. Ce genre de système permet de ramener graduellement le taux d'humidité d'un sous-sol à un niveau acceptable et confortable.

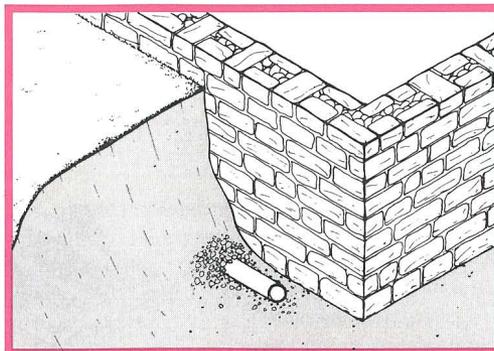
Une bonne ventilation du sous-sol peut régler bien des problèmes d'humidité.

- a) soupirail**
- b) margelle**

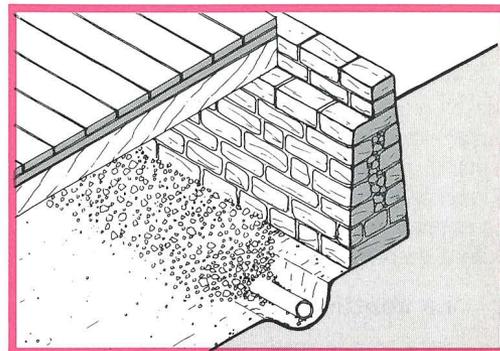
Installation d'un système de drainage

Peu de maisons construites avant 1900 sont pourvues d'un système de drainage des fondations. Ce système permet de recueillir l'eau contenue dans le sol, à l'aide d'un réseau de tuyaux installés au pied des fondations, et de l'évacuer loin de la maison. En diminuant la quantité d'eau dans le sol, on réduit les risques d'infiltrations dans les murs de fondation, de même que les risques de mouvements du sol causés par le gel.

Le type de drain le plus utilisé aujourd'hui, le drain agricole, est fait de plastique souple perforé. On l'installe généralement du côté extérieur, à la base des murs, sur tout le périmètre du bâtiment. Le drain est déposé sur un lit de gravier et recouvert de pierre concassée de 19 mm (3/4 po) de diamètre. Il doit être enveloppé ou recouvert d'une membrane filtrante pour éviter qu'il ne soit obstrué par le sable ou les racines d'arbres. De plus, tout le système doit être installé en pente afin que l'eau recueillie soit acheminée par gravité jusqu'au réseau de drainage pluvial de la municipalité.



Drain agricole installé à l'extérieur du bâtiment.



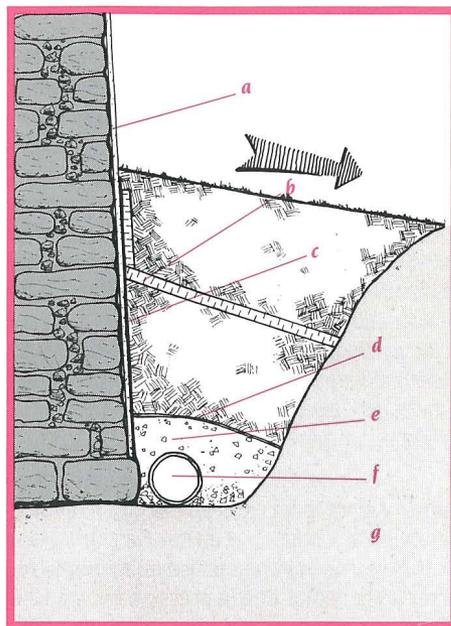
Drain agricole installé à l'intérieur du bâtiment.

En milieu urbain, il est souvent difficile, voire même impossible, de procéder aux excavations nécessaires à l'installation d'un système de drainage par l'extérieur, à cause des mitoyennetés et de l'aménagement urbain. Cependant, l'installation d'un système de drainage à l'intérieur du bâtiment peut constituer une solution de rechange intéressante: on creuse alors une petite tranchée sur tout le périmètre des murs, légèrement en contrebas de la base de la fondation. Le drain y est déposé et il est ensuite raccordé à un puisard, d'où l'eau est généralement pompée mécaniquement vers le réseau municipal. Cette solution se combine avantageusement avec l'installation d'un pare-vapeur et d'une dalle de béton au sous-sol.

Imperméabilisation des fondations

Certains murs de fondation en pierre sont recouverts à l'extérieur d'un crépi de chaux qui en améliore l'étanchéité. Ce revêtement joue un rôle important dans la protection de la section hors sol des fondations contre les infiltrations d'eau, les chocs mécaniques et les sels à déglacer. C'est pourquoi il importe de l'entretenir régulièrement et de le réparer au besoin, faute de quoi c'est la maçonnerie qui se détériore. Le crépi est cependant peu efficace comme revêtement de la partie enfouie des murs de fondation: sous la terre, la chaux se dégrade, laissant les pierres sans protection.

Pour imperméabiliser la partie des fondations qui est située sous le sol, on doit d'abord en dégager la face extérieure en creusant une tranchée le long des murs. Après un bon nettoyage de la surface exposée, on y applique une membrane d'étanchéité. Il existe sur le marché divers types de membranes prévues à cet effet. Elles sont à base de bitume ou de polymère et s'appliquent en feuilles ou en solution à l'aide d'un pinceau. L'application au fusil n'est cependant pas recommandée étant donné la difficulté d'obtenir une couche homogène, d'une épaisseur uniforme. Une bonne membrane présente les caractéristiques suivantes: élasticité, durabilité et facilité d'application. Si en général ces membranes peuvent être posées directement sur des murs en béton, la surface irrégulière des pierres doit préalablement être égalisée avec une couche de crépi. Il est important de s'assurer que la membrane adhère bien au mur et en suive parfaitement le profil de telle sorte que l'eau n'y pénètre en aucun point.



Drainage du sol, isolation et imperméabilisation des fondations.

- a) crépi
- b) isolant rigide
- c) membrane d'étanchéité
- d) membrane filtrante
- e) pierre concassée
- f) drain
- g) sol non excavé

Isolation

Dans bien des cas, les fondations des maisons anciennes ne descendent pas assez profondément pour leur procurer une protection adéquate contre le gel, c'est-à-dire entre 1 350 et 1 500 mm (4 1/2 pi à 5 pi) sous le niveau du sol fini. En conséquence, les fondations sont soumises aux mouvements du sol qui sont causés par le gel et le dégel et qui risquent de les fissurer ou de les déformer. Ces mouvements peuvent ne survenir que quelques fois pour ensuite se résorber, mais il arrive aussi qu'ils se répètent de façon saisonnière, souvent tous les printemps, faisant réapparaître chaque année la fissure qui a été réparée l'année précédente.

Il est possible de remédier à cette situation en isolant, par l'extérieur, la partie enfouie des murs de fondation et en installant un isolant dans le sol. Le matériau utilisé doit pouvoir résister à l'humidité et à la pression du sol. Une fois la surface du mur égalisée avec un crépi, on fixe mécaniquement des panneaux d'isolant rigide sur la partie supérieure des murs. D'autres panneaux sont ensuite déposés sur le sol en pente, à environ 600 mm (2 pi) sous le niveau de sol fini.

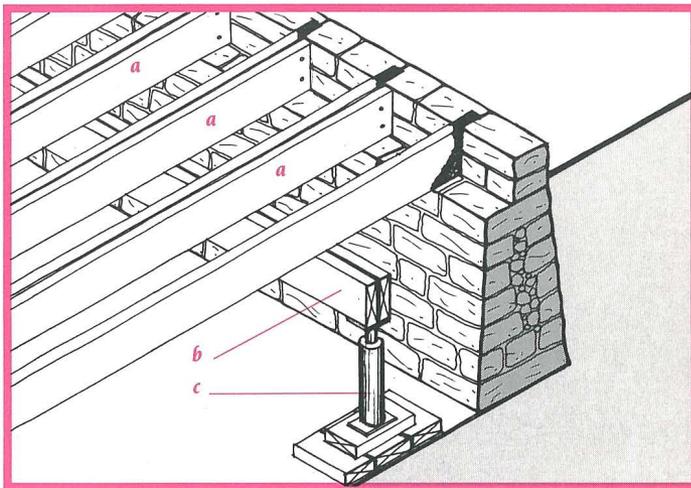
Cette solution permet non seulement de garder au chaud les murs de fondation, mais aussi de réchauffer la température du sol à la base des murs, limitant ainsi la pénétration du gel dans le sol. Il faut cependant éviter d'isoler par l'intérieur, ce qui aurait pour conséquence de soumettre les murs de fondation à des écarts de température plus importants. Puisque l'isolation par l'extérieur nécessite des travaux d'excavation, on peut profiter de cette occasion pour installer un système de drainage, imperméabiliser les murs et aménager le terrain en pente.

Pièces de charpente pourries

Lorsque certaines pièces d'une charpente de bois sont endommagées, fléchies ou pourries, on doit prévoir des renforcements ou effectuer certaines réparations. La pourriture affecte généralement les extrémités des solives de plancher et la base des colonnes.

Supports et renforcements de solives pourries.

- a) solive doublée
- b) nouvelle poutre
- c) nouvelle colonne





Nouvelles bases de béton pour colonnes de bois.

Les solives appuyées sur un mur de fondation humide ont tendance à pourrir. Ce problème, en plus d'être visible au sous-sol, provoque souvent un léger affaissement du plancher du rez-de-chaussée, le long des murs extérieurs. Si peu de solives sont affectées, on les renforce en les doublant ou en les triplant : une ou deux nouvelles solives en bois traité sont boulonnées à l'ancienne. L'extrémité affectée de cette dernière doit avoir été préalablement traitée avec un préservatif à bois. Si la plupart des solives sont pourries et que le plancher s'est affaissé, elles seront supportées par une poutre continue et des colonnes installées à une certaine distance du mur, sous la partie saine des solives.

Les bases des colonnes qui sont directement en contact avec un plancher de terre battue sont aussi susceptibles de pourrir. Il faut alors que les solives ou les poutres soient soutenues temporairement par des colonnes réglables en métal. On peut ainsi couper les bases pourries et couler des semelles en béton jusqu'aux parties saines des colonnes.

Réfection

Lorsque les murs de fondation présentent de nombreuses fissures, de sérieux affaissements ou des déformations importantes, les travaux à envisager sont plus complexes et coûteux. Dans certains cas, il est possible de consolider les murs par l'injection d'un coulis de ciment ou par l'ajout de butées en béton. Dans d'autres cas, il faut refaire ou remplacer les murs au complet, ou des sections de ces murs; c'est ce qu'on appelle des reprises en sous-oeuvre. Quelle que soit l'intervention envisagée, il importe d'étudier les problèmes et les implications des travaux. On ne saurait être trop prudent puisque c'est la stabilité du bâtiment tout entier qui est en jeu.

Consolidation des murs

L'injection d'un coulis de ciment permet de consolider un mur de pierre dont les parois sont saines mais qui présente des déformations ou des affaissements souvent provoqués par l'évidement du mortier de chaux contenu dans le massif du mur. Avant de procéder à l'injection, on doit refaire les joints entre les pierres et remplacer les pierres détériorées. Tout en effectuant le rejointoiement, on insère des boyaux de plastique dans les joints, jusqu'au centre du mur. Puis, à l'aide d'une pompe à injection, on fait pénétrer dans le mur, à même les boyaux de plastique, un coulis composé de ciment Portland, d'eau et d'un additif qui en augmente la fluidité. Durant l'opération, qui doit être exécutée par une main-d'oeuvre spécialisée, il faut contrôler régulièrement la qualité du coulis, la pression de l'injection et les quantités de coulis injectées.



Service des parcs, Environnement Canada

Certaines déformations des murs sont causées par les poussées latérales du sol qui peuvent devenir très fortes en période de gel. La première mesure à prendre alors est d'améliorer le drainage du sol, ce qui en réduira le gonflement. Dans certains cas, il faut cependant retenir le mur déformé aux endroits les plus affectés, par des butées, véritables contreforts de béton coulé, renforci d'une armature. Un ingénieur en structure peut dimensionner ces éléments et évaluer l'efficacité de cette solution en fonction de la nature du problème, de la capacité portante et de la stabilité du sol.

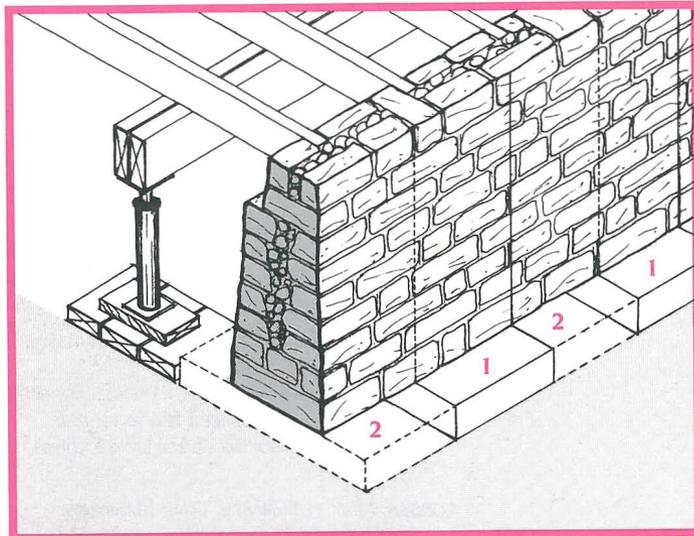
Consolidation des murs de fondation par injection d'un coulis de ciment. Certaines sections du mur sont supportées temporairement pour qu'on puisse remplacer des pierres. On distingue les boyaux de plastique insérés dans le mur en prévision de l'injection.

Reprises en sous-oeuvre

Les reprises en sous-oeuvre permettent de remplacer certaines parties des fondations endommagées, d'installer un empattement sous un ancien mur de fondation ou de le prolonger sous le niveau du gel et de creuser une cave afin d'aménager un espace habitable au sous-sol. Puisque ces travaux peuvent influencer considérablement sur le comportement des diverses composantes d'un bâtiment, il est préférable de consulter un architecte ou un ingénieur avant de les entreprendre.

Selon la méthode la plus courante de reprise en sous-oeuvre, on procède par sections en évitant de réparer en même temps deux sections adjacentes. Les sections peuvent avoir entre 900 et 1 200 mm (3 à 4 pi) de long, suivant la nature et la capacité portante du sol. Avant de se mettre à l'oeuvre, on doit étayer la structure du plancher à l'aide d'une poutre supportée par des colonnes réglables en métal ou en bois qui reposent sur des assises en bois ou en béton et qui transmettent les charges au sol.

Il existe aussi d'autres systèmes d'étaie-ment plus complexes qui sont conçus pour des interventions spécifiques, par exemple, le dégagement de toute la base des fondations. Quels que soient le problème rencontré et le système retenu, les supports doivent toujours reprendre les charges des murs et des planchers en n'entraînant qu'un mouvement minimal de la structure. Les étais doivent demeurer en place jusqu'au durcissement du mortier de la nouvelle maçonnerie ou jusqu'à ce que le béton puisse supporter le poids du bâtiment.



Technique de reprises en sous-oeuvre par sections :
deux sections de mur adjacentes ne sont jamais entreprises simultanément.

Conclusion et bibliographie

On ne saurait trop insister sur l'importance d'une bonne fondation pour assurer la stabilité d'un bâtiment. Dans la majorité des cas, il est préférable de prendre avis auprès de professionnels de la restauration et de gens de métier compétents avant d'entreprendre des travaux majeurs sur une fondation endommagée. Il s'agit d'une intervention délicate qui exige des connaissances approfondies du comportement des matériaux et une bonne expérience pratique. Le lecteur qui voudra approfondir le sujet pourra consulter les publications suivantes :

AUGER, Jules, CHARLAND, Liette, LAVALLÉE, Johanne, PARADIS, Robert. *Ce qu'il faut savoir pour rénover une maison*, Montréal, Libre Expression 1979, 185 p.

LONDON, Mark et BUMBARU, Dinu. *Maçonnerie traditionnelle*, Montréal, Héritage Montréal, 1984, 64 p. (Coll. « Guide technique » n° 3)

ST-LOUIS, Denis. *Maçonnerie traditionnelle. Document technique: régions de Montréal et de Québec*, Montréal, Héritage Montréal, 1984, (3 volumes et bibliographie)

Dans la même collection :

- N° 1 Les toitures en pente
- N° 2 Les couvertures en « tôle à la canadienne »
- N° 3 Les couvertures en « tôle à baguettes »
- N° 4 Les fenêtres à battants
- N° 5 Les fenêtres à guillotine
- N° 6 La maçonnerie de pierre
- N° 7 La maçonnerie de brique
- N° 8 Les crépis et les enduits
- N° 9 Les revêtements de bois
- N° 10 Les fondations
- N° 11 Les portes et les portes cochères
- N° 12 Les foyers et les cheminées
- N° 13 Les plâtres intérieurs
- N° 14 Les planchers, les escaliers et les boiseries intérieures
- N° 15 L'isolation

Les fondations

- ❖ *Comment sont-elles construites ?*
- ❖ *Quels principes doivent-elles respecter ?*
- ❖ *Comment les inspecter, les entretenir et les réparer ?*
- ❖ *Quand faut-il les refaire... ou les faire refaire ?*

Voilà autant de questions auxquelles ce guide simple et abondamment illustré vient répondre.

Bon travail !

Production: Service de l'urbanisme
en collaboration
avec le Service
des communications

Réalisation: Division du Vieux-Québec
et du patrimoine

Direction générale: Michel Bonnette

**Coordination
de l'édition:** Henriette Thériault

**Coordination
de la production:** Bertrand Frigon

**Recherche
et rédaction:** Odile Roy

**Illustration
et photographie:** Frida Franco

Correction linguistique: Ghislaine Fiset

**Conception
et réalisation graphique:** Norman Dupuis

**Photographie
de la page couverture:** Jacques Lessard

**Collaboration
technique:** Jacques Madore
Les maçonneries
Gilles Ouellet inc.

Cette publication de la Ville de Québec a été réalisée grâce à la participation du ministère des Affaires culturelles du Québec et de l'Office de planification et de développement du Québec, dans le cadre de l'Entente sur la mise en valeur des biens culturels de la Ville de Québec.

DÉPÔT LÉGAL : 2^e trimestre 1989
ISBN 2-920860-34-8