



## 2 Connaitre

Fonctions et dimensions des murs de pierres  
 Les pierres  
 Les mortiers  
 Typologie des murs

## 5 Regarder

Diagnostic des façades  
 Salissures  
 Altérations des pierres  
 Porosité des pierres  
 L'érosion et les chocs thermiques

## 7 Entretien - Améliorer

Nettoyage des salissures végétales  
 Rejointoiement  
 Réparation de fissures  
 Réparation et remplacement de pierres  
 Ravalement des façades de pierres apparentes

## 12 Pour en savoir plus

Les murs de pierre anciens ont généralement été construits avec des matériaux disponibles localement, ce qui les rend différents d'une région à l'autre. Les pierres sont utilisées à l'état naturel, dégrossies ou taillées. Le mortier assure à la fois la liaison entre les pierres et contribue à bien répartir les efforts verticaux entre les pierres. Les mortiers anciens sont souvent à base de terre et de sable ou de chaux et de sable. Avec les mortiers à base de ciment, le joint peut être moins poreux que la pierre et, dans ce cas, l'eau peut rester emprisonnée dans le mur et créer des désordres.

Depuis l'Antiquité, dans toutes les régions où elles sont facilement disponibles, les pierres sont utilisées pour construire des bâtiments.

L'architecture locale est marquée, dans chaque région, par la nature des pierres qu'on y trouve. Du grès, notamment du grès rose, en Alsace, du granit en Bretagne ou en Auvergne, du calcaire tendre en Gironde ou en Ile-de-France, du calcaire très tendre, le tuffeau, dans les Pays de Loire, de la Meulière en Ile-de-France, ...

Les façades en pierres diffèrent, au premier abord, par l'aspect de leurs parements et les dispositions des ouvertures. Ces différences sont liées aux habitudes régionales dont un des fondements vient de la nature et des dimensions des pierres utilisées.

## Fonctions et dimension des murs de pierres

Un mur de clôture ne supporte que son propre poids et les efforts que le vent peut exercer sur lui. Pour tenir debout, il doit avoir une épaisseur suffisante. On appelle élancement du mur le rapport entre sa hauteur et son épaisseur. Un mur sollicité en partie inférieure par d'importantes forces horizontales (c'est, par exemple, le cas quand il doit retenir les terres d'un talus) est plus épais à sa base et sa face visible est, de ce fait, inclinée. On dit qu'il est construit avec du «fruit».

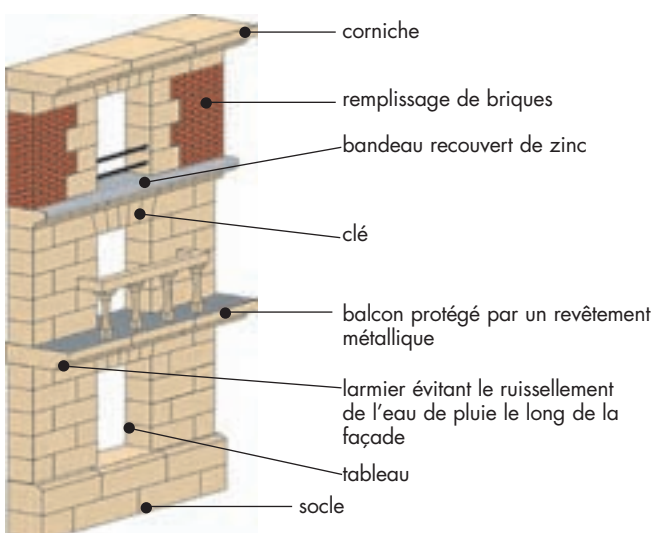
Les murs d'un bâtiment sont liés les uns aux autres. Ils sont soumis à des efforts verticaux (le poids du bâtiment, des mobiliers, des personnes, de la neige, ...) et horizontaux principalement dus au vent. Les murs des étages inférieurs ont plus de charge à supporter que ceux des étages supérieurs : ils sont généralement plus épais. Les forces horizontales, dues au vent et aux poussées des structures, sont reprises par

les éléments perpendiculaires du mur, boutisses ou chaînages, et des dispositifs perpendiculaires au mur, murs de «refend», contreforts qui assurent notamment le «contreventement» du mur, c'est-à-dire sa tenue aux efforts dus au vent.

Les vides, constitués notamment par les ouvertures en façade (fenêtres, portes) gênent le report des charges vers les fondations. Le poids des parties situées au-dessus de l'ouverture doit être reporté vers les parties pleines du mur.

Un linteau ou un arc de décharge assure ce report de charge. Les ouvertures sont généralement disposées les unes au-dessus des autres pour assurer une bonne transmission des efforts.

Mur pierre de taille



## Les pierres

Les caractéristiques utiles à connaître pour utiliser la pierre dans une construction sont sa résistance mécanique en compression (à l'écrasement), sa dureté, sa porosité et sa capacité à résister au gel.

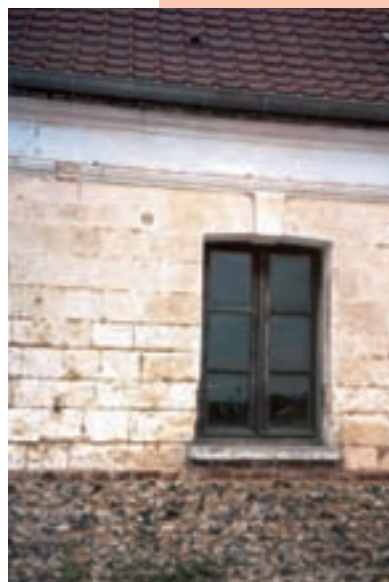
Ces caractéristiques peuvent être mesurées en laboratoire. Des tests simples permettent cependant de s'en faire une idée, par exemple, une pointe métallique dont la trace laissée en la frottant sur la pierre donne une indication de la dureté de la pierre. Sauf lorsqu'elle présente des défauts tels que des fissurations, la résistance d'une pierre de taille dépend de sa porosité et de son poids : plus sa porosité est faible et plus elle est lourde, plus elle est résistante. L'eau pénètre très peu dans une pierre peu poreuse (un calcaire dur ou un granit).

Une pierre plus poreuse (pierre tendre) exposée à la pluie absorbera plus facilement l'eau. L'absorption de l'eau dans la pierre dépend de sa structure physique. Suivant sa plus ou moins grande capacité à absorber l'eau, une pierre peut être directement exposée à la pluie sans protection particulière ou doit être recouverte d'un enduit. Par l'action du gaz carbonique et de l'eau, une couche protectrice dure et peu poreuse de carbonate de calcium, le calcin, se forme lentement à la surface des pierres calcaires taillées. Ce calcin constitue une protection naturelle. Tout l'art du constructeur consiste à utiliser judicieusement les pierres en fonction de leurs caractéristiques. Les pierres dures sont généralement utilisées dans les parties basses du mur et les pierres tendres dans les parties supérieures.

## Les mortiers

Le choix des mortiers est fonction de la nature de la pierre. Les murs anciens étaient soit montés en pierre sèche, c'est-à-dire sans remplissage des joints, soit hourdis, c'est-à-dire assemblés avec un mortier à base de terre ou avec de la chaux. La chaux est fabriquée à partir de calcaire pur, chauffé à 900 °C, qui se transforme en chaux vive. En ajoutant de l'eau à la chaux vive refroidie, on obtient de la chaux éteinte, qui ne durcit pas dans l'eau mais uniquement au contact de l'air et plus exactement au contact du gaz carbonique contenu dans l'air (on parle de chaux aérienne). Au contact du gaz carbonique, la chaux se transforme en calcaire. Les mortiers à la chaux sont lents à durcir et atteignent une dureté variable, dépendant de la qualité de la chaux et du sable employés, du dosage et de la présence d'additifs tels que la terre cuite concassée, des pouzzolanes (cendres volcaniques), des graviers. Les mortiers à la chaux ont progressivement été remplacés par des liants plus durs et à prise plus rapide : d'abord la chaux hydraulique, obtenue par cuisson d'un calcaire contenant 15 à 20 % d'argile, puis par les ciments hydrauliques.

Les ciments sont obtenus par la cuisson de mélanges de calcaires avec de l'argile. Le mortier à base de ciment et de chaux est appelé mortier bâtard. Les pierres de taille calcaires peuvent être montées à l'aide de mortier à base de plâtre. C'est notamment le cas en région parisienne, l'excès de mortier est enlevé et les joints sont terminés avec un mélan-

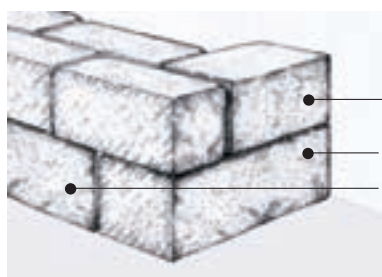


Association de pierres dures-tendres



Montage au plâtre

Appareillage de pierres



boutisse carreau

boutisse parpaing

panneresse

ge de chaux et de plâtre.

Les mortiers à base de chaux, fréquemment utilisés dans les maçonneries anciennes, ont la particularité d'absorber facilement la pluie : ils présentent une assez forte capillarité comparable à celle de nombreuses pierres. L'utilisation de mortiers moins capillaires, à base de ciment, peut contrarier le comportement d'un mur ancien vis-à-vis de la pluie. Il est important de choisir un mortier bien adapté aux pierres qui composent le mur.

## Typologie des murs

### Les murs en pierre de taille

Les murs en pierre de taille sont réalisés avec des pierres extraites de carrières et taillées spécialement pour un bâtiment. Ils sont appareillés et dressés :

- **appareillés** parce que les pierres sont disposées de manière à jouer un rôle particulier dans les maçonneries ainsi réalisées : le «carreau» posé parallèlement au mur, lui donne sa stabilité. La «boutisse», perpendiculaire, lie les pierres entre elles. Le «parpaing», qui est une boutisse allant d'une face à l'autre du mur, assure la cohésion du mur ;

- **dressés** parce qu'ils doivent leur rectitude aux faces plates et parallèles des pierres.

Dans ces murs, les joints sont relativement minces et l'imbrication des pierres appareillées donne au mur une certaine rigidité. Lorsque la qualité de la pierre le permet et que la taille donne aux pierres des dimensions homogènes, les murs ne sont pas enduits : la pierre est laissée apparente.

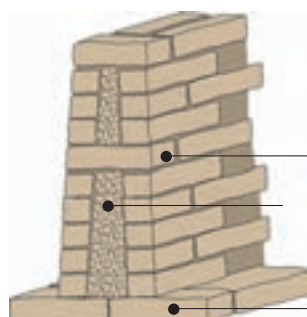
### Les murs en moellons

Les murs peuvent également être réalisés à l'aide de pierres ramassées et utilisées telles quelles ou seulement dégrossies. Ces pierres, des moellons, sont utilisées en fonction de l'emplacement choisi par le maçon, soit directement, soit après une taille sur le chantier. Toutes les natures de pierre sont utilisées et ces murs sont très souvent destinés à être enduits car ils ne sont pas naturellement imperméables à l'eau de pluie. Il est important de conserver cet enduit de protection et de le

refaire si nécessaire. Il serait néfaste de le retirer car la préservation du mur ne serait plus assurée. La face des pierres peut être «ébauchée», c'est-à-dire rendue relativement plate pour pouvoir rester visible.

Dans ces murs, les joints ont pour fonction non seulement de lier les pierres, mais aussi de boucher l'espace irrégulier entre les pierres. Ils sont plus larges que pour les murs en pierres taillées et le mur est moins rigide. Dans les murs épais, les pierres de grandes dimensions sont utilisées pour réaliser les faces du mur ou pour le lier (la pierre est alors

Coupe mur



parpaing

remplissage (terre, cailloux, ...)

boutisse

appelée parpaing). Le cœur du mur est fait de mortier et de petites pierres, de la « blocaille » et du « tout-venant ».

## Combinaison de matériaux

Dans certaines régions, le mélange de pierres disponibles permet de combiner leurs avantages. Ainsi, en Normandie ou en Picardie, les silex servent à monter les soubassements, du sol à l'appui de fenêtre. Puis sur ce début de mur où l'eau ne risque pas de remonter, il devient possible de poser du calcaire tendre. Certains murs peuvent associer pierres de taille et moellons ordinaires. Les pierres de taille forment un chaînage et constituent des cadres, des piliers, des angles, des poutres qui vont conduire les charges vers le sol et les moellons sont utilisés pour remplir les parois.

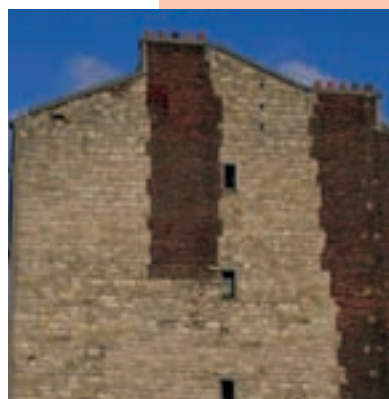
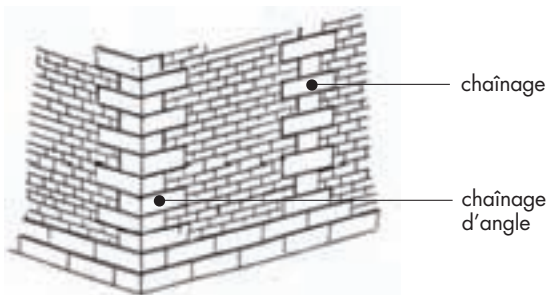
La pierre peut également être associée à la brique. Les briques sont notamment utilisées pour réaliser des conduits de fumée du fait de leur géométrie et de leur résistance à la chaleur.

## Les plaques de pierre

Un mur de pierres apparentes disposées régulièrement n'est pas toujours un mur en pierres de taille. Certains murs anciens maçonnés ont parfois été recouverts de plaques de pierre d'une dizaine de centimètres d'épaisseur. Ces plaques, appelées « plaquis » peuvent être sculptées : des canaux horizontaux simulant le tracé d'un joint, des bossages continus, des saillies formant une ligne continue. Il arrive que ces décors se prolongent sur d'autres murs par des enduits décorés qui reprennent les lignes de décors et de joints des plaques.

Dans la construction récente, les murs de béton ou en maçonnerie sont parfois recouverts de minces plaques de pierres. Elles ont quelques centimètres d'épaisseur et sont souvent fixées au mur par des « agrafes », pièces métalliques fixées au mur et supportant le poids des plaques. Il est laissé un vide d'air entre le mur et les plaques. Certains systèmes permettent de poser un isolant thermique dans cet espace.

Chaînages verticaux

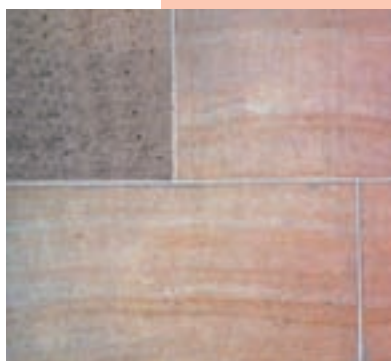


Conduit de cheminée

## Regarder

### Diagnostic des façades

Il faut distinguer les défauts concernant certaines pierres des problèmes affectant l'ensemble de la façade. La cause des désordres constatés doit toujours être recherchée en faisant réaliser un diagnostic par un professionnel. Dégradation biologique ou climatique, modification physique liée aux fonctions de l'ouvrage : il faut trouver leur cause première avant d'engager des travaux de réparation adaptés. Des sondages du matériau sont effectués en vérifiant les différences de bruit à l'impact du marteau ou la propagation du son dans l'ouvrage. Ils permettent de vérifier l'importance des parties abîmées. L'analyse de la



Pierres minces en façade

composition chimique d'échantillons de pierre indique les agents chimiques en cause. L'examen et l'analyse des structures et des fondations permettent de comprendre la cause des fissures et des ruptures observées sur la façade.

## Salissures

Les façades d'immeubles subissent des salissures préjudiciables à leur aspect et à leur pérennité : dépôts dus à la pollution ou prolifération de petits végétaux. Elles peuvent être recouvertes d'inscriptions ou de graffitis. Un entretien régulier est nécessaire. Lorsque ces salissures sont concentrées en certains points, comme des coulures sous des appuis de fenêtres, des améliorations peuvent être apportées pour les éviter, notamment en remaniant le profil de l'appui pour créer un larmier (rainure qui empêche l'eau de couler le long de la façade).



Graffitis sur pierre

## Altérations des pierres

Les pierres peuvent subir des dégradations sous l'effet des variations de température, de l'eau, du vent, du gel, de bactéries, de végétaux (algues, mousses, lichens, ...), de gaz polluants. Elles peuvent casser sous l'effet de chocs ou du dépassement de leur limite de résistance mécanique. Des réactions chimiques, notamment avec les sels solubles dans l'eau, sont à l'origine de fortes dégradations des pierres.

Dans les zones urbaines où l'air est chargé de produits polluants contenant du soufre (gaz brûlés dans les chaudières, gaz d'échappement des véhicules, ...), la pluie qui ruisselle le long des façades contient des acides qui attaquent les pierres.

Cette agression chimique conduit à la formation d'une croûte qui finit par tomber en détruisant la protection apportée par le calcin. La pierre est alors plus vulnérable à l'attaque des pluies acides. Ce phénomène de dégradation est appelé maladie ou lèpre de la pierre.

## Porosité des pierres

La porosité est le rapport du volume des vides au volume apparent de la pierre. Les granits et les marbres sont les roches les moins poreuses. La porosité de certaines pierres peut dépasser 45 %. Les grès ont une porosité très variable : de 0,6 à 22 %. Les grès tendres peuvent s'effriter et sont gélifs alors que les grès durs sont très résistants mais peuvent se déliter lorsqu'ils présentent des défauts internes (stratifications).

La porosité des pierres joue un rôle dans l'agression par le gel. Lorsque la température est inférieure à 0°C, l'eau présente dans la pierre se transforme en glace. La forte augmentation de volume qui accompagne cette transformation provoque des poussées très importantes au sein du matériau. Il en résulte des fissures de la pierre, des éclatements ou des délitage de la pierre. La porosité de la pierre favorise le phénomène, de même que la finesse des cavités dans lesquelles l'eau peut stagner.

## L'érosion et les chocs thermiques

Le vent abîme les pierres par érosion. Un vent violent crée des tourbillons notamment aux angles d'un bâtiment. Il véhicule des particules qui viennent user les pierres. Les variations de température subies par la pierre créent des dilatations et des retraites qui peuvent provoquer des désordres : fissurations, ruptures...

## Entretien – Améliorer

### Nettoyage des salissures végétales

Les mousses, algues, champignons, moisissures ou lichens se développent sur les parties humides des murs de pierres où ils se combinent et vivent souvent en symbiose. Ces dépôts végétaux visibles doivent être enlevés. Le traitement de la pierre, par application d'un produit spécifique, à la brosse, au rouleau ou par pulvérisation, suivi d'un rinçage permet d'éviter la prolifération ultérieure de ces végétaux. Les produits « antimousses » sont souvent toxiques et, par ailleurs agressifs pour la pierre dont les parties saines doivent être protégées.



### Rejointoiement

Les mortiers de jointoiement ont pour fonction de garantir la cohésion du mur et d'éviter le descellement des pierres. Il faut les reprendre lorsqu'ils sont détériorés. La composition du mortier dépend de la nature des pierres employées, du savoir-faire de l'époque où le mur a été réalisé. Les joints refaits doivent être compatibles avec ceux du reste du bâti. Les joints des pierres de taille calcaires apparentes doivent être lisses, sans creux ni saillie.

### Réparations de fissures

La réfection des parties abîmées consiste à éliminer la pierre malade et à mettre en place un morceau de pierre ou une reconstitution de la pierre à l'aide de poudre de pierre et de résines, puis par protection de la surface extérieure à l'aide de produits à base de résines ou de silicones. Les réparations des fissures des pierres sont toujours faites après la suppression de la cause de leurs fissurations. Celles-ci sont d'abord élargies, puis bouchées à l'aide de mortiers spéciaux. Dans certains cas, on peut procéder à un renforcement très localisé de pierres en scellant des connecteurs métalliques inoxydables.

Pour certains murs, les réparations nécessitent des reprises plus importantes et des renforts tels que des chaînages, des poteaux, le renforcement des fondations, ...

## Réparations et remplacement de pierres

Les pierres malades ne sont généralement pas remplacées dans leur totalité. On purge la pierre de ses parties malades. La pierre est creusée sur une profondeur minimale de 7 à 10 cm pour que l'on puisse venir sceller avec du mortier une plaque de pierre d'épaisseur suffisante, choisie pour présenter des caractéristiques très proches de la pierre d'origine (dureté, couleur, grain, ...)

Il existe également des techniques de substitution des pierres endommagées par des mortiers imitant la pierre.

## Ravalement des façades en pierres apparentes

Un ravalement comporte plusieurs phases dont une phase de nettoyage. La difficulté principale du nettoyage des façades en pierres apparentes est de choisir la technique adaptée, disponible localement et accessible financièrement. Il existe plusieurs méthodes :

- Le lavage à faible pression avec de l'eau convient pour le nettoyage des pierres tendres, en cas de faibles salissures. Cependant, l'apport d'eau est important, ce qui favorise les infiltrations dans la pierre et augmente les risques de gel.
- La projection de vapeur ou d'eau sous pression est efficace pour les salissures importantes et grasses, mais elle peut altérer des roches friables et provoquer ou aggraver des microfissures.
- La projection de particules abrasives (sable à sec ou avec de l'eau, poussières de verre ou d'alumine) est très efficace pour des façades très encrassées et permet un nettoyage rapide. Elle use les pierres tendres et ne doit pas être utilisée en cas de pierres de duretés différentes. Certaines méthodes sèches sont nocives pour la santé des ouvriers. Des solutions de gommage ou d'hydrogommage (en présence d'eau) à très faible pression sont maintenant fréquemment utilisées car elles n'entament pas la pierre ou son calcin.
- L'utilisation de produits chimiques est limitée à des problèmes spécifiques et nécessite la connaissance des pierres à traiter, des salissures et des ouvrages périphériques à protéger pendant le nettoyage.
- L'emploi de procédés mécaniques comme le brossage, le ponçage, parfois complétés d'une aspersion d'eau, est adapté aux pierres d'origine volcanique. C'est aussi une solution pour refaire la surface de pierres calcaires. Il nécessite une main d'œuvre très qualifiée, surtout lorsque les façades sont ouvragées.
- Le lavage au goutte à goutte avec compresse est une méthode économe en eau et peu agressive. La compresse fait un trempage de longue durée de la surface et permet ainsi de recueillir les particules à éliminer. Cette méthode requiert cependant beaucoup de temps et de main d'œuvre.



- Le laser est un moyen pour traiter de façon douce la salissure des pierres. Il permet de préserver le calcin et même des peintures anciennes. Il est réservé aux bâtiments exceptionnels du fait de son coût très élevé lié aux technicités et temps de main d'œuvre qu'il exige.

Le nettoyage des façades s'accompagne toujours de la vérification et du renforcement :

- des joints entre les pierres ou entre pierres et menuiseries ;
- des garde-corps et notamment de leurs scellements ;
- des corniches, des balcons, des appuis de fenêtres. Les protections traditionnelles à base de feuilles métalliques, notamment de zinc, sont utilisées. On utilise également des résines, notamment pour les balcons ou les parties accessibles.

## Fiche personnelle



## Pour en savoir plus

Je veux  
tout savoir

### Quelques adresses utiles

Pour des renseignements sur les pierres, l'UNICEM, Union Nationale des Industries et Carrières de Matériaux de Construction, 3 rue Alfred Roll, 75017 Paris, tel : 01 44 01 47 01

Obligations

Livres

Adresses

### Termes techniques

**Blocailles** : petites pierres fournies par des bancs de carrière trop minces ou trop faiblement agrégés qui ne peuvent être utilisées comme pierres d'appareil.

**Appareil** : terme qui désigne la disposition donnée aux pierres de taille dans un mur.

**Bossage** : nom donné aux saillies brutes ou façonnées à l'aide d'un outil, des pierres d'un mur.

**Tout-venant** : mélange de pierres de taille et de forme diverses.

**Carottage** : prélèvement d'un échantillon pour analyser la composition ou l'état d'un ouvrage.

### Autres fiches à consulter

- > Faire des travaux : du projet à la réalisation
- > Qu'est ce qu'une façade ?
- > Eléments en ferronnerie
- > Isolation en façade

???

## Pour toute demande d'information

- > ANAH  
[www.anah.fr](http://www.anah.fr)  
**Tél. : 0826 80 39 39** (0,15 €/mn)
- > Délégations locales de l'ANAH  
au sein de chaque DDE