**Disclaimer**

La présente fiche s'adresse aux concepteurs, aux prescripteurs et aux équipes de projets de construction désireux de réemployer le matériau ou produit de construction concerné. Elle fait partie d'une collection de fiches visant à rassembler les informations disponibles à ce jour et susceptibles de faciliter le réemploi des matériaux et produits de construction.

Cette fiche a été réalisée par Rotor vzw/asbl dans le cadre du projet Interreg FCRBE - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, soutenu par l'ensemble des partenaires du projet. Les sources d'information incluent l'expérience des fournisseurs professionnels de matériaux de réemploi et des partenaires du projet impliqués, les leçons tirées de projets exemplaires, la documentation technique disponible, etc.

Les fiches ont été réalisées entre 2019 et 2021. Le secteur du réemploi étant en pleine évolution, certaines informations, notamment celles concernant les prix et la disponibilité, sont susceptibles de varier au cours du temps.

Lorsque le texte fait référence à des normes européennes, il appartient aux auteurs de projet de se référer, le cas échéant, à leurs transpositions nationales ainsi qu'aux spécificités locales.

Il est important de noter que les informations présentées ici ne sont pas exhaustives et ne visent pas à remplacer l'expertise des professionnels. Les questions spécifiques sont toujours liées à un projet et doivent être traitées comme telles.

La collection complète des fiches (y compris la fiche d'introduction générale) est disponible gratuitement sur différents sites de référence (e.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Un répertoire non exhaustif de fournisseurs de matériaux de construction de réemploi est disponible sur www.opalis.eu et www.salvoweb.com.

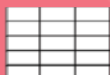
Partenariat Interreg FCRBE : Bellastock (FR), le Centre Scientifique et Technique de la Construction / CSTC (BE), Bruxelles Environnement (BE), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), la Confédération de la Construction (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) et l'Université de Brighton (UK).

Les informations contenues dans ce document ne reflètent pas forcément la position de l'ensemble des partenaires du projet FCRBE ni celle des autorités de financement.

Sauf mention contraire explicite, le contenu de ces fiches est crédité au format Creative Commons Attribution - Non Commercial - Share Alike format (CCBY-NC-SA).



Sauf mention explicite, les images utilisées dans ce document appartiennent à © Rotor vzw/asbl ou © Opalis. Les autres images ont fait l'objet d'une demande systématique d'autorisation auprès de leurs auteurs ou ayants droit. Lorsque celle-ci est restée sans réponse, nous avons présumé que l'utilisation projetée de l'image ne posait pas d'objection. Si cette interprétation vous paraît abusive, merci de nous le signaler.

**Description du matériau**

De tout temps, la pierre a été employée et réemployée dans la construction, notamment pour revêtir les façades extérieures et les murs intérieurs. Dans son traité d'architecture publié en 1485 (*De re aedificatoria...*), Alberti parle déjà de l'usage de la pierre pour construire ce qu'il appelle « la peau » ou « l'écorce » des bâtiments, c'est-à-dire les faces extérieures et intérieures des murs dont, dit-il, « ... l'une reçoit à l'extérieur le vent et le soleil, tandis que l'autre protège l'ombre intérieure ... ». Bien que la terminologie ait changé depuis le 15^{ème} siècle, la pierre est toujours utilisée aux mêmes fins. Aujourd'hui la distinction est faite entre les dalles et les plaquettes (ou carreaux) de revêtement mural en pierre. Ces dernières sont plus fines et de dimensions plus petites. Des éléments plus épais et de plus grandes dimensions tombent dans la catégorie des pierres massives de parement, qui sont généralement posées avec d'autres techniques.

La présente fiche porte sur le réemploi des dalles en pierre naturelle destinées à une utilisation en parement mural. Il est également possible de réemployer les dalles pour d'autres usages, en tant que revêtement de sol par exemple (voir la fiche consacrée aux dalles de revêtement de sol en pierre naturelle).

Le marché des dalles murales de réemploi présente une très grande diversité de produits. On peut les distinguer selon différents critères :

→ **Usage d'origine.** Certains lots proviennent de façades d'immeubles de bureaux et d'autres grands équipements publics et privés (e.a. gares, banques, etc.). La démolition de ces bâtiments entraîne généralement la libération de quantités importantes de dalles semblables, souvent en excellent état et de bonne facture. D'autres dalles sont issues du démontage soigneux de tablettes de fenêtre, de revêtements de sol, etc., provenant de divers types de bâtiment, y compris d'ouvrages plus anciens.



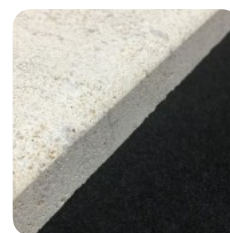
Dalle récupérée en granite gris poli

Arêtes chanfreinées
© Pierre de Bourgogne

Arêtes épaufrées



Arêtes vives



Arêtes bombées

→ **Nature géologique.** De nombreux types de roches sont utilisés pour la fabrication des dalles de parement mural : granite, marbre, pierres calcaires, grès, ardoise, travertin et bien d'autres encore, le tout décliné selon de nombreuses variations locales.

→ **Dimensions.** Le plus souvent les dalles de réemploi possèdent des largeurs et des longueurs comprises entre 30 et 150 cm et des épaisseurs comprises entre 1 et 8 cm. Il n'est cependant pas rare de rencontrer des éléments présentant des dimensions plus spécifiques.

→ **Aspect.** La diversité des roches se traduit par une large palette de coloris, y compris au sein d'une même famille : gris, beige, ocre, brun, rose, bronze, etc. Un vocabulaire spécifique permet de désigner les incrustations de la pierre : veines, grains, strates, flammes, taches, etc.

Outre l'aspect original de la roche, les dalles peuvent porter les marques de leur mode de découpe (clivage, sciage) et de leur finition d'origine (flamage, sablage, grenailage, bouchardage, polissage, etc.). Au fil du temps, leur aspect varie aussi selon les sollicitations d'usage : adoucissement, polissage de

la face visible, assombrissement de la teinte, traces de peinture ou de mortier sur la face intérieure, développement d'organismes (mousses, lichens), etc.

Le traitement de la surface de certains types de pierres peut nécessiter l'utilisation de mastic, de matériaux de remplissage ou d'autres produits similaires pour le bouchage des trous naturels, des défauts ou des fissures. Ces traitements ne sont souvent pas spécifiques aux pierres de réemploi mais s'appliquent également dans le cas des produits neufs. Parfois, un traitement anti-graffiti est présent (e.a. dalles issues de pieds d'immeuble).

Les bords des dalles peuvent être droits, bombés, épaufrés ou encore chanfreinés.

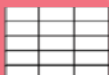
Lorsqu'un ré-usinage des dalles de réemploi est envisagé (sciage, surfacage, fraisage, etc.), celui-ci modifiera généralement l'aspect des faces visibles.



Dalle récupérée en marbre de Carrare



Salle de douche réalisée en marbre rouge de réemploi, Bruxelles (BE) © Séverin Malaud



→ **Fixation.** Les dalles peuvent avoir été collées ou attachées :

- Les colles sont généralement réservées aux dalles plus fines (1 à 2 cm d'épaisseur, selon la masse volumique de la pierre).
- Les attaches mécaniques conviennent à des dalles plus épaisses (2 à 8 cm). Il en existe plusieurs types : agrafes métalliques avec ou sans plot, fixées sur une ossature intermédiaire ou directement dans le mur. Des méthodes non-destructives comme l'utilisation d'un pachomètre permettent de repérer les éléments métalliques d'ancrage sans démonter les dalles.

→ **Jointoyage d'origine.** Suivant le type de pose, la présence ou non d'un isolant, la localisation des dalles et la hauteur du bâtiment, on peut rencontrer des joints pleins courants (mortier, coulis, époxy, etc.), des joints souples de fractionnement ou de dilatation horizontale et verticale (époxy, mastic, etc.) ou encore des joints creux, laissés vides ou décorés par des éléments métalliques.



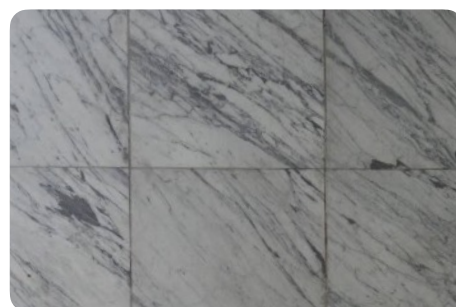
Revêtement en pierre fixée à l'aide d'agrafes métalliques scellées dans des plots au mortier



Recherche des éléments métalliques d'ancrage d'un parement en pierre naturelle à l'aide d'un pachomètre.
© CSTC



Revêtement en pierre attachée



Joint plein



Joint creux comblé par des éléments métalliques

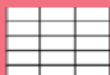


Joint creux



Salle de douche réalisée à partir d'éléments en marbre de réemploi © Lionel Billiet





Récupération du matériau

Les dalles de revêtement mural en pierre naturelle sont de bons candidats au réemploi, soit sur site, soit via les filières professionnelles de revendeurs de matériaux. Ceux-ci peuvent également assurer la fourniture de lots de dalles prêtes à la pose. Ils sont généralement en mesure d'assurer le bon déroulement des opérations suivantes :

→ **Test de démontage** (ou avis expert). Il permet en pratique de s'assurer de la faisabilité et la rentabilité de la dépose. Un « œil expert » permet généralement d'estimer l'intérêt d'un lot sur base de plans, de photos, de documents historiques ou par une visite sur place. Pour les dalles, les points d'attention seront entre autres :

- l'état général du lot et le mode de pose : état de la pierre, formats, dimensions, type de fixation, nature du support de pose, caractéristiques des joints, etc.
- l'intérêt commercial, selon le modèle, la quantité, le potentiel de récupération et de revente, les spécificités régionales, etc.
- les dispositions logistiques, notamment en matière de délai, temps de travail, manutention, transport, etc.

→ **Dépose**. Le démontage soigneux doit viser à assurer l'intégrité des dalles et une certaine homogénéité des lots. Lorsque les joints entre les dalles sont pleins, il est parfois conseillé de désolidariser les dalles à l'aide d'outils (scie diamant sur rail, eau sous pression, etc.) et de moyens de manutention adaptés au revêtement pour éviter les épaufrures. Ensuite, les dalles peuvent être déposées. (Figure 1) Si les dalles sont fixées à l'aide d'un ancrage mécanique, il convient de cas-

ser une première dalle pour créer un accès puis de venir casser le plot de mortier (1) entourant les attaches métalliques (2 & 3) à l'aide d'un burin. Il convient ensuite d'enlever les attaches à l'aide du burin ou d'un pied de biche ou de les disquer au niveau des joints. Pour minimiser les risques de détérioration lors du démontage, il est conseillé d'affaiblir les tensions au sein des dalles en libérant préalablement 2 côtés (perpendiculaires) des carreaux à desceller. Ceci implique généralement de casser les lignes de bords non libres. Il est conseillé de procéder au démontage en partant du haut vers le bas. Par ailleurs, certaines dalles peuvent être particulièrement lourdes du fait de leur dimension et de la densité de la pierre (>2,5 t/m³). Le cas échéant, il convient de s'équiper de moyens de levages spécifiques. La dépose peut aussi impliquer de prendre des dispositions pour le travail en hauteur. Enfin, un lit de sable peut être installé aux pieds des dalles pour amortir les chocs.

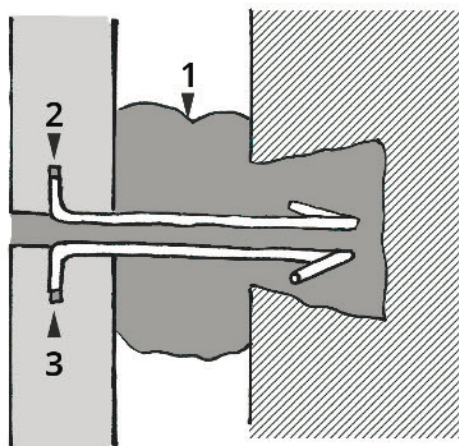
→ **Nettoyage et tri**. Les dalles sont triées par qualités, couleurs, dimensions et degré de nettoyage. Les éléments présentant des dégradations (dalles fendues) ou des défauts importants sont écartés. Le taux de perte dépend fortement du type de roche, des conditions d'usage d'origine, du type de pose, de l'épaisseur des dalles et du soin apporté au démontage. Un nettoyage à l'eau ou par grattage est généralement suffisant pour enlever les résidus de couche de pose, produits de jointoiement et autres éléments qui pourraient y adhérer. Les attaches métalliques sont également retirées.

→ **Opérations**. Si certaines dalles peuvent être réemployées telles quelles après un nettoyage sommaire, d'autres peuvent nécessiter des opérations complémentaires telles que :

- **Sciage** : les dalles peuvent être sciées pour homogénéiser leurs dimensions et faciliter leur remise en œuvre.
- **Nettoyage approfondi** : la face apparente de certaines pierres plus poreuses peut être tachée ou avoir changé de couleur en cours d'usage suite à la pollution atmosphérique, au passage des usagers ou encore au développement de mousses. Leur remise en état d'origine n'est pas toujours possible. Elle dépend de la profondeur d'incrustation, qui varie selon le type de pollution et le type de pierre. Il est conseillé de prendre contact avec un professionnel pour connaître les produits compatibles et les méthodes de traitement adéquates. Plusieurs techniques sont possibles : polissage à l'eau (différentes pressions et températures), usage de produits chimiques (acide oxalique, fluate à polir, lustrants), nettoyage mécanique (ponçage, lustrage, grésage hydro-pneumatique, projection de fines particules, micro-ponçages, etc.) voire même, dans des cas très particuliers, usage du laser, du latex ou de cataplasmes.

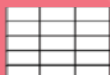
Le choix d'une technique de nettoyage adaptée dépendra essentiellement des aspects suivants : nature et dureté de la pierre, finesse de son grain et autres aspects de surface, présence d'altérations, type et degré d'encrassement, résultat recherché, etc.

- **Finitions** : il est très rare que les dalles de réemploi subissent un traitement de surface en atelier puisqu'en général la volonté est de conserver leur patine. Cependant, pour satisfaire les exigences recherchées (homogénéiser l'aspect de la pierre, lui conférer un aspect rugueux, etc.) plusieurs techniques de finition sont possibles selon la nature de la pierre et les performances attendues : bouchardage, sablage, flammage, grenailage, piquage, etc. Un vocabulaire spécifique détermine le type de finition selon le type de roche considérée.
- **Réfection des trous d'ergots/ d'agrafes** : les trous existants peuvent s'être abîmés durant la phase d'usage ou lors de la dépose des dalles (éclat, fissure, élargissement des trous, etc.). Dans ce cas, les trous visibles peuvent être rebouchés avec un produit adapté et de nouveaux trous peuvent être percés en atelier (en respectant le positionnement et la résistance des nouvelles attaches prescrit par les normes techniques relatives au produit).



- (1) Plot de mortier
- (2) Agrafe porteuse
- (3) Agrafe anti-déversement

Figure 1. Attaches scellées au mortier dans les chants des dalles



→ **Stockage et conditionnement.** Les dalles sont généralement stockées à l'extérieur, disposées sur la tranche dans des caisses en bois ou conditionnées horizontalement et sanglées sur palettes. Suivant la fragilité des dalles à conserver, elles seront mises à l'abri en évitant le contact avec le sol et en prévoyant une éventuelle protection contre le gel. Idéalement, elles sont séparées par des éléments de calage afin de limiter les risques d'endommagement. Le bois de calage/séparation ne doit pas être traité (il doit être bien sec et ne pas contenir de tanins susceptibles de tacher les pierres) et les sangles métalliques sont à éviter au risque de tacher la pierre (rouille). Le conditionnement doit tenir compte de la masse importante des éléments. Des moyens de transport et de levage appropriés sont également à prévoir.

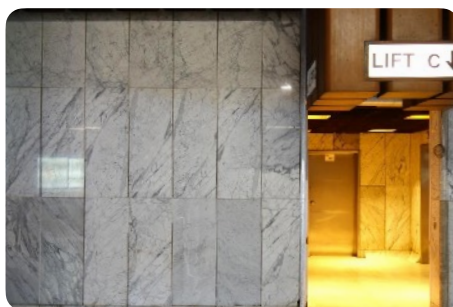
Les dalles de réemploi prêtes à la pose sont regroupées par lots homogènes. Elles sont généralement vendues par lot ou au m². La plupart des fournisseurs sont en mesure de fournir une fiche technique reprenant leurs caractéristiques principales (type de roche, dimensions nominales et tolérances, finition, applications prévues) et, dans certains cas, leur provenance.

Point d'attention !

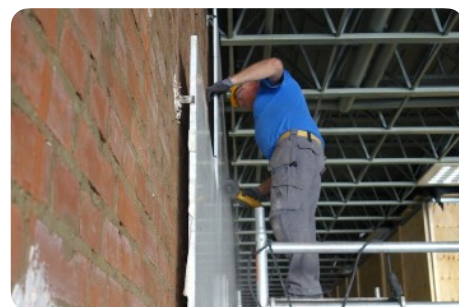
Les dalles de façade de plus fine épaisseur en marbre métamorphique peuvent être sujettes au phénomène de décohesion granulaire qui peut entraîner le cintrage des éléments, leur fissuration et provoquer un risque de chute. Ce phénomène est accentué pour les façades soumises à la pluie et au soleil (sud, sud-ouest) et pour des dalles de grandes dimensions fortement élancées. Il entraîne souvent des fissurations au niveau des ancrages. Une inspection visuelle détaillée permet généralement de constater ce phénomène. Une analyse plus poussée de la microstructure de la pierre permet également d'observer ce phénomène.



Cintrage des éléments. Alvar Aalto's Finlandia Hall, Helsinki © University Of Helsinki



Revêtement mural en dalles de marbre



Fixation par crochets



Découpe des attaches



Dépose de dalles en marbre



Palettisation des dalles



Chargement et transport des dalles



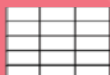
Retrait des résidus de mortier de jointoyage sur la tranche au moyen d'un lapidaire



Stockage des dalles nettoyées



Remise en œuvre des dalles en parement extérieur, Projet Jaspas, Architecte Guillaume Sokal, Bruxelles (BE). © Guillaume Sokal



Applications et mise en œuvre

Les applications présentées ici concernent des dalles de pierre qui étaient utilisées en parement mural et qui sont remises en œuvre à des fins identiques. D'autres usages sont bien sûr envisageables pour ces éléments (par exemple : crédence, revêtement de sol, etc.) mais ils ne sont pas étudiés ici (voir par exemple la fiche consacrée aux dalles de revêtement de sol en pierre naturelle). Le cas de figure de la réutilisation en tant que parement mural d'une dalle de pierre provenant d'une autre application n'est pas non plus explicitement abordé dans cette fiche.

En règle générale, le choix des dalles doit tenir compte des sollicitations envisagées (voir § « Caractéristiques et aptitude à l'usage »).

En façade, les principales sollicitations sont le poids propre de la pierre naturelle et les effets du vent, mais d'autres facteurs doivent aussi être pris en compte (actions climatiques, chocs thermiques, vibrations, impacts, etc.). Il convient dans tous les cas de se référer aux normes de conception (Eurocode 1), aux normes nationales et européennes relatives aux produits (EN 1469 : dalles de revêtement mural en pierre naturelle), aux règles de l'art en vigueur et aux normes de mise en œuvre applicables.

La remise en œuvre d'un lot complet de dalles de revêtement mural de réemploi en bon état diffère peu de celle de dalles neuves. Suivant les caractéristiques du lot, elles se prêtent à la même diversité de modes de pose et soulèvent les mêmes points d'attention, notamment : format des éléments, propriétés de la pierre, mode de pose et propriétés des éléments de pose (attaches ou colles), propriété et état du support, isolation, étanchéité, joints courants et joints de fractionnement, défauts de la pierre aux points d'attaches (fissures, éclats), état de surface de la pierre (tache grasse, taches d'oxydation, coulures, etc.).

Penser réversible !

Certains modes de pose compliquent voire empêchent la récupération des dalles. En ce sens, dès que c'est possible et à performances comparables, il est préférable de privilégier une pose par ancrage mécanique (crochets, agrafes, goujons...). Et sans joint ou avec des joints facilement nettoyables !

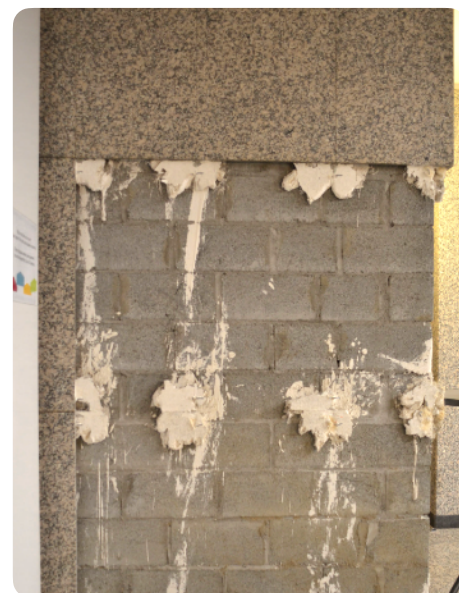
Les caractéristiques suivantes peuvent être décrites et précisées lors de la rédaction des prescriptions techniques liées à la livraison d'un lot de dalles de réemploi :

→ **Composition du lot.** Le lot de dalles de réemploi est constitué d'éléments de même nature géologique (granite, marbre, pierre calcaire, etc.) voire d'un même usage d'origine (utilisation intérieure, zone soumise au gel, etc.). Il est conseillé de définir un lot comme une surface à couvrir de même application. Des lots de dalles mélangées peuvent toutefois convenir pour des applications moins exigeantes.

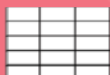
→ **Épaisseur.** L'épaisseur des dalles murales a une incidence sur leur comportement mécanique. Elle doit être choisie en tenant compte de plusieurs critères : nature et texture de la roche, usage envisagé, format, positionnement, procédé de pose et d'ancrage, nature et intensité des sollicitations (vent, vibrations, chocs, humidité, déformations thermiques, fluage et retrait de l'ossature, etc.). Dans la plupart des cas courants, pour des roches calcaires tendres et mi-dures (masse volumique < 2500 kg/m³) accrochées mécaniquement, une épaisseur de 4 cm est généralement jugée nécessaire. Elle peut être réduite à 3 cm pour des pierres plus denses (marbre, granite, pierre dure, etc.), voire même à moins de 2 cm dans des conditions bien particulières (roche dure et homogène, agrafage de bonne qualité, proximité d'un point d'arrêt rigide en cas de chute, etc.). Celles-ci doivent alors être justifiées par des démarches spécifiques. À l'inverse, pour une mise en œuvre collée, les dalles doivent avoir une épaisseur comprise entre 1 et 2 cm, selon la masse volumique de la pierre.

→ **Dimensions.** Les dimensions des dalles de réemploi varient généralement d'un lot à l'autre. Selon l'application d'origine, elles peuvent également varier au sein d'un même lot. Il est important de préciser les dimensions attendues ainsi que la tolérance dimensionnelle. Bon à savoir : les normes de mise en œuvre fixent des exigences différentes en matière d'accroche selon la surface de chaque dalle, la proportion entre leur longueur et leur largeur (typiquement de l'ordre de 1:3 pour les usages en extérieurs et jusqu'à 1:5 en intérieur) et la hauteur à laquelle elles sont mises en œuvre (en-dessous de 6 m, entre 6 et 28 m, etc.). Pour des dalles aux dimensions atypiques, des approches spécifiques peuvent donc s'avérer nécessaires.

→ **Teinte.** Par nature, les pierres naturelles présentent une grande variété de teintes et d'aspects. Selon les exigences d'usage (par exemple, dans un contexte de rénovation patrimoniale), il est possible de préciser cette caractéristique en se référant à une teinte générale ou à un coloris précis. On peut aussi demander de mélanger les dalles afin d'obtenir un revêtement homogène.



Dépose de dalles de parement intérieur en granite



→ **État.** Outre des traces de résidus de mortier, de peinture et de bitume, les dalles de réemploi peuvent présenter des altérations mineures telles que des traces d'usure superficielle, des éclats, des fissures légères, des cratères, des écailllements légers, des taches (couleurs, taches grasses, auréoles, oxydations), etc. Ces détériorations peuvent influencer les performances techniques et esthétiques des dalles, ainsi que leur remise en œuvre, mais ne constituent pas un obstacle majeur au réemploi - sauf pour des usages très spécifiques (voir § *Caractéristiques et aptitudes à l'usage*). Le cas échéant, certains traitements de surface, voire des découpes, peuvent permettre de corriger ces altérations.

Le lot ne doit toutefois pas contenir d'éléments présentant des fêlures ou des dégâts majeurs compromettant sa solidité (par exemple des fissures, éclats ou autre défaut dans la pierre au niveau des points d'attache). Il conviendra à l'auteur du projet de définir le degré d'imperfections toléré au regard de l'usage envisagé et des conditions de mise en œuvre.

Attention aux trous des anciens ergots / agrafes. Parfois les dalles ont été descellées de manière non soignée de sorte que les trous sont devenus des « cratères ». Parfois, les plots de mortier comblent les trous. Les trous peuvent être refaits sur chantier ou en atelier avec un outillage adapté.

→ **Finition.** Selon les exigences requises (fonctionnelles et esthétiques) et le type de roche, il convient de préciser l'aspect de la face visible et des chants des dalles (brute, sciée, bouchardée, grenailée, flammée, polie, adoucie, etc.). Certains types de finition (brut de sciage, écuré, etc.) permettent de limiter l'absorption d'énergie solaire de la façade. Ce phénomène peut être recherché dans le cas de façades en pierres collées foncées qui, sous l'effet du soleil, peuvent se décoller et contribuer à la création d'îlot de chaleur urbain.

→ **Quantité.** Certains fournisseurs peuvent inclure un surplus lors de la livraison du produit s'ils ne sont pas en mesure de garantir l'absolue homogénéité des caractéristiques reprises ci-dessus. Ce surplus peut aussi être appliqué dans le cas d'un scénario de réemploi sur site. Il est généralement conseillé de prévoir un stock de dalles de réserve afin de procéder aux réparations ultérieures. Suivant le calepinage choisi, un pourcentage plus ou moins élevé de marge sera nécessaire en raison des découpes induites.

La plupart des fournisseurs professionnels sont en mesure de garantir la conformité des lots livrés à ces exigences. Une procédure d'essai de contrôle sur base d'un échantillon contractuel et d'un échantillonnage à la réception peut aussi être mise en place.

La plupart des matériaux de construction de réemploi sont vendus en l'état. Les conditions de ventes peuvent cependant contenir des garanties particulières propres au matériau. Certains fournisseurs sont en mesure d'indiquer la provenance du matériau et/ou de fournir de la documentation sur le produit acheté (pour plus d'information, consulter la fiche introductive).

Astuce conception !

De manière générale, l'intégration de pierres de réemploi dans le projet est grandement facilitée si on prévoit :

- un calepinage qui tolère des dalles de format varié, par exemple : un appareillage en longueur libre.
- une stratégie de composition des lots récupérés : soit en mélangeant les lots pour créer une répartition aléatoire des nuances de teintes, soit en attribuant chaque lot de matériau à un espace en particulier.



Au-dessus : trou d'ergot intact
En-dessous : trou d'ergot comblé de mortier



Trou d'ergot élargi lors de la dépose



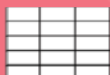
Trou d'ergot élargi lors de la dépose

En savoir plus !

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi de revêtements de façade en pierre naturelle attachée -
Fondation Bâtiment Énergie (FR)

<http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-facade-V5.pdf>





Caractéristiques et aptitudes à l'usage

En connaissant la famille ou le type de pierre en présence, il est généralement possible de retrouver ses caractéristiques générales. Ces indications sont précieuses pour étudier la compatibilité de la pierre de réemploi à l'usage envisagé.

Voir par exemple : www.febemat.be ; www.stonenaturelle.fr ; www.pierreetsol.com ; www.cstc.be ; etc.

A titre indicatif, le tableau suivant (*Tableau 1*) reprend quelques-unes des performances connues de quelques familles de roches constitutives des dalles fréquemment réemployées. Il est important de préciser que chaque pierre présente des spécificités et que deux lots de dalles de la même roche peuvent présenter des performances différentes.

La norme harmonisée européenne EN 1469 établit les caractéristiques pertinentes (selon le contexte) en vue de déterminer l'aptitude à l'usage des dalles en pierre naturelle destinées au revêtement muraux. Bien que détaillées pour les matériaux neufs issus de l'industrie extractive et transformatrice des pierres naturelles, ces caractéristiques peuvent s'avérer utiles pour envisager le cas particulier des dalles de réemploi en intérieur/extérieur (*Tableau 2*).

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des pierres les plus courantes utilisées en dalles de revêtement mural

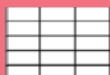
	Masse volumique apparente (kg/m ³)	Résistance à la compression (MPa)	Porosité	Comportement à l'usure
Grès	2000 - 2700	3 - 14	peu poreux (0,5 à 25%)	bon à très bon
Pierre calcaire tendre (ex : pierre blanche)	< 2500	2-17	poreux (5 à 50 %)	bon
Pierre calcaire compacte (ex : pierre bleue)	> 2500	2-17	peu poreux (0,2 à 5%)	bon
Granite	2500 - 3000	8 - 25	très peu poreux (0,2 à 2%)	très bon
Marbre	2600 - 2900	8 - 22	très peu poreux (0,2 à 2%)	bon

Tableau 2 : Caractéristiques à évaluer en vue de déterminer l'aptitude à l'usage des dalles de réemploi en pierre naturelle destinées à un revêtement mural en intérieur/extérieur

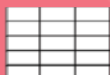
Caractéristiques	Int.	Ext.	Commentaires
Provenance géologique et description pétrographique	x	x	Les dalles de réemploi proviennent d'ouvrages susceptibles d'avoir été réalisés à partir de lots d'origines multiples. S'il est possible de caractériser visuellement le type de roche en présence, il est cependant plus difficile d'affirmer avec certitude que leur provenance géologique est identique, à moins qu'il n'existe des traces permettant de l'attester (par exemple : un certificat d'origine, des documents d'archives...). Ceci est d'autant plus valable pour les lots constitués par le regroupement de dalles d'origines diverses.
Provenance géographique	x	x	Comme pour la provenance géologique, l'information sur la provenance géographique d'origine d'un lot de dalles de réemploi est difficile à attester avec certitude. En revanche, on peut déduire certaines caractéristiques si l'on sait où les dalles ont été démontées. Des dalles en bon état qui ont été démontées dans une région soumises à de forts cycles de gel/dégel témoignent vraisemblablement d'une bonne résistance au gel. Ainsi, à défaut d'information sur la carrière d'origine, il peut être utile de disposer d'informations sur l'usage d'origine (façade extérieure, parement mural intérieur) ou sur la région d'où proviennent les dalles.
Masse volumique apparente et porosité ouverte	x	x	Ces caractéristiques sont propres à chaque pierre. La masse volumique [kg/m ³] donne une indication sur le degré de compacité de la pierre. De manière générale, plus une roche est compacte, moins elle est poreuse. La porosité ouverte d'une pierre [% en volume] correspond à la proportion des pores reliés entre eux et accessibles à l'eau. Cette caractéristique influence notamment le degré de résistance aux taches et aux salissures. Elle ne conditionne pas directement sa gélivité (c'est plutôt sa capacité à restituer l'eau absorbée qui importe à ce niveau). Ces informations peuvent être estimées sur base de documentation technique relative aux pierres naturelles (<i>voir tableau 1</i>). Si nécessaire, ces caractéristiques peuvent être mesurées plus précisément par un essai d'identité tel que défini par la norme d'essai EN 1936.

Astuce !

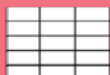
Si les performances doivent être déterminées en laboratoire, il convient d'établir un échantillonnage représentatif du lot considéré. Le nombre et les dimensions des échantillons à prélever dépendent du type d'essai à réaliser. Pour que les résultats des essais soient exploitables, la procédure d'échantillonnage doit être rigoureuse. Un professionnel peut vous accompagner dans ce travail pour choisir les échantillons et les essais à mener. Il veillera par exemple à évaluer les propriétés de différents échantillons soumis à des sollicitations identiques pour obtenir une valeur moyenne représentative. Les procédures d'essais seront définies au regard des usages antérieurs et ultérieurs des dalles en pierre.



Caractéristiques	Int.	Ext.	Commentaires
Caractéristiques géométriques	x	x	<p>Ces caractéristiques peuvent être estimées en procédant à des mesures simples. Leur homogénéité dépend étroitement du degré de tri et de nettoyage des dalles de réemploi ainsi qu'aux opérations de transformation entreprises sur le matériau. Dans le cas de dalles destinées à être réusinées ou retaillées, il est conseillé de définir avec le fournisseur les tolérances dimensionnelles applicables à chacune des dimensions (largeur, épaisseur, longueur, etc.) au regard du calepinage choisi, du type de pierre et de la fonctionnalité de l'ouvrage (ces divers aspects sont décrits dans la norme EN 1469). Il convient également de détailler les exigences en termes de planéité et de rectitude. Par exemple, si la dalle est fixée par un mortier-colle ou une fine couche de mortier, des tolérances plus strictes peuvent être nécessaires. Enfin, certaines dalles en marbre métamorphique de réemploi peuvent avoir subi un cintrage lors de leur précédent usage. Il conviendra d'exclure ces dalles au regard de l'usage prévu.</p> <p>De manière générale, les dalles de réemploi non retravaillées peuvent présenter des irrégularités de forme liées à la fabrication d'origine et au degré d'usure.</p>
Résistance à la flexion	x	x	<p>La résistance à la flexion R_f [MPa] est une caractéristique mécanique qui permet de renseigner sur la capacité à résister à des forces de flexion en usage. Elle varie selon le type de pierre et est généralement déterminée au moyen d'essais de flexion encadrés par la norme EN 12372.</p> <p>La résistance à la flexion permet de déterminer la charge de rupture [kN] admissible des dalles, en fonction de leurs dimensions, selon la formule suivante :</p> $P = \frac{R_f \times W \times t^2}{1500 \times L \times F_s}$ <p>où P : charge de rupture [kN] W, L, t : largeur, longueur et épaisseur [mm] R_f : résistance à la flexion [MPa] F_s : facteur de sécurité, généralement $F_s = 1,6$</p> <p>Pour des applications en agrafage sur façade, la résistance en flexion de la pierre est rarement problématique. C'est plutôt la résistance aux goujons d'ancrage qui est déterminante pour répondre aux sollicitation du vent suivant la hauteur du bâtiment et la surface des dalles. En première estimation, on peut présumer que des pierres compactes de dimensions modérées ($\approx 0,75 \text{ m}^2$) et d'épaisseur supérieure ou égale à 3 cm satisfont ces exigences dans la plupart des régions.</p>
Résistance aux fixations	x	x	<p>La résistance aux attaches doit être démontrée selon la norme d'essai EN 13364. Elle doit être au moins égale à 200 N en intérieur et 300 N en extérieur. Différentes justifications doivent être fournies : résistance de la cheville dans le support, résistance de l'attache mécanique, résistance de la tige filetée, résistance en flexion de la pierre naturelle perpendiculaire à la façade, résistance de la pierre au niveau du goujon d'ancrage. Les trois premiers critères sont généralement donnés par les fournisseurs dans les fiches techniques. La résistance au niveau du goujon d'ancrage peut être déterminée au moyen d'essais spécifiques décrits dans la norme EN 13364.</p>
Résistance à l'adhérence (si collage)	x	x	<p>Les valeurs de résistance à l'adhérence et de durabilité dépendent de plusieurs facteurs importants : le type de mortier/mortier-colle, les surfaces à coller, les conditions climatiques, etc.</p>
Perméabilité à la vapeur d'eau	x	x	<p>La perméabilité à la vapeur d'eau d'une pierre représente la quantité de vapeur d'eau qui traverse le matériau pour une pression de vapeur et un temps donné. Cette caractéristique doit être évaluée si la dalle est destinée à une utilisation dans un endroit soumis à des exigences de contrôle de la vapeur. Le coefficient de perméabilité peut être déterminé par essai en laboratoire ou obtenu à partir de valeurs tabulées conformément à l'EN ISO 12572 et/ou l'EN ISO10456.</p>
Isolation acoustique aérienne directe	x	x	<p>La qualité isolante d'une paroi dépend à la fois des caractéristiques propres de la paroi (rigidité, masse volumique) mais aussi de la fréquence du son émis. Elle est caractérisée par l'indice d'affaiblissement acoustique (mesuré en laboratoire) ou l'isolement acoustique brut (mesuré in situ). De manière générale, plus un matériau est lourd (dense et épais), plus il isole en particulier des bruits aériens. Si elle est exigée, cette caractéristique peut être déterminée en laboratoire selon la méthode d'essai de l'EN 1936.</p>



Caractéristiques	Int.	Ext.	Commentaires
Conductivité thermique	x	x	Le pouvoir d'isolation thermique dépend de la présence et de l'importance des vides présents dans le matériau. La conductivité thermique est alors définie comme la quantité de chaleur qui traverse le matériau par unité de temps et de surface. De manière générale, plus la masse volumique des dalles est faible, plus le pouvoir isolant est grand. Si les dalles doivent contribuer aux performances thermiques d'un bâtiment, cette caractéristique peut être déterminée en laboratoire selon la méthode d'essai de l'EN 1745.
Réaction au feu	x	x	Conformément à la Décision de la Commission 96/603/CE, les pierres naturelles sont considérées comme appartenant à la classe A1 de réaction au feu (voir EN 12 058 pour les exceptions). Attention toutefois à l'utilisation de mastics de rebouchage, qui peuvent avoir une incidence sur cette performance.
Résistance au gel/dégel (et aux sels de déverglaçage)		x	Pour une application extérieure, les éléments en pierre naturelle doivent pouvoir résister au gel/dégel sans que leur aspect et leurs caractéristiques mécaniques ne soient affectés. La provenance et l'état d'un lot de dalles de réemploi peuvent offrir une indication utile pour déterminer leur résistance au gel/dégel. Beaucoup de dalles anciennes posées en extérieur sont en effet susceptibles d'avoir résisté, au cours de leur premier usage, à davantage de cycles de gel/dégel que ce que préconise la norme d'essai qui permet d'évaluer cette performance (EN 12371). Il importe donc de se renseigner sur l'origine historique et géographique du lot pour s'assurer des conditions climatiques d'origine (par exemple, un lot provenant d'un climat continental au nord de l'Europe conviendra vraisemblablement à une application dans le climat méditerranéen du sud de la France). De manière générale, les dalles les moins résistantes qui ont subi des dégâts dus au gel auront été vraisemblablement écartées lors des étapes de tri et de nettoyage.
Résistance aux chocs thermiques		x	La résistance aux chocs thermiques est la capacité de la pierre à résister à des changements rapides de température (une façade fortement ensoleillée puis exposée aux pluies par exemple). Ces derniers peuvent causer d'éventuels dégâts sur les revêtements minces de façade : des fissures généralement localisées au niveau des discontinuités (veines, joints stylo-lithiques, etc.), des microfissures entre les grains de la roche provoquant une décohésion intergranulaire, le cintrage de certains éléments (e.a. en marbre et en calcaires marbriers). Comme pour la rubrique précédente, beaucoup de dalles anciennes sont susceptibles d'avoir résisté au cours de leur premier usage à davantage de cycle de chocs thermiques que ce que ne préconise la norme d'essai (EN 14066). Un examen visuel des dalles permet d'écarter les éléments abîmés.
Résistance aux cycles thermiques et d'humidité		x	Pour une application extérieure, les éléments en marbres cristallins doivent pouvoir justifier par un essai de résistance aux cycles thermique et d'humidité leur bonne tenue à la décohésion granulaire. Comme pour la rubrique précédente, beaucoup de dalles anciennes sont susceptibles d'avoir résisté au cours de leur premier usage à davantage de cycle thermique et d'humidité que ce que préconise la norme d'essai (EN 16306). Un examen visuel des dalles permet d'écarter les dalles non valides.
Sensibilité au tachage	x	x	Pour évaluer cette caractéristique, on différencie le tachage interne causé par la réaction de certains constituant de la pierre (minéraux métalliques ou matériaux organiques présents dans la pierre), du tachage accidentel causé par un contact avec un produit tachant. Le tachage interne relève avant tout d'un souci esthétique du matériau et il convient donc à l'auteur de projet de définir les caractéristiques acceptables au regard de l'usage visé. La sensibilité au tachage est également directement liée à la valeur de porosité de la pierre. Plus la porosité est élevée, plus la pierre absorbe facilement les liquides et la pollution, plus elle est sensible au tachage. Une porosité inférieure à 4% est généralement satisfaisante pour limiter les risques de salissure. Il est également possible de repérer visuellement le degré de salissures des dalles de réemploi en observant la face visible des éléments non transformés (sciés). Le cas échéant, il existe des traitements de surface pour améliorer cette performance en ralentissant l'infiltration de substances grasses dans les vides de la pierre.



Disponibilité

L'offre de dalles de revêtement mural en pierre naturelle de réemploi est relativement variable. La taille des lots peut fluctuer de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres carrés. Pour des commandes conséquentes, il est recommandé de se renseigner assez tôt auprès des fournisseurs professionnels.

Substances dangereuses et précautions

Certaines pierres extérieures ont pu être en contact avec des substances dangereuses (pollution, graffiti, urine, etc.) qu'elles ont pu absorber, notamment s'il s'agit de pierres poreuses. En absence d'informations plus précises sur le sujet, il est donc recommandé de ne pas les utiliser pour des applications en contact avec des aliments et des personnes.

Prix indicatifs (Hors Taxes)

Un échantillonnage non exhaustif du marché du réemploi d'Europe du Nord Ouest (Belgique, France, Grande-Bretagne et Pays-Bas) a permis d'extraire quelques prix indicatifs. Ceux-ci peuvent être variables suivant les sources d'approvisionnement, les types de dalles et le recours à des services de tri et de nettoyage.

- Dalles de formats aléatoires en pierre de Bourgogne (ép. 2 à 4 cm) : ~ 15-25 €/m²
- Dalles en granite rouge : ~ 20 €/m²
- Dalles en marbre Paloma (ép. 3 cm) en bon état, différentes tailles : ~ 50 €/m²
- Dalles pierre bleue belge (épaisseur 3 cm) en bon état, différentes tailles : ~ 120 €/m²
- Dalles en marbre de Carrare (87 × 84 × 5 cm), rayures et petits éclats possibles, traces de meuleuse d'angle sur les côtés rugueux : ~ 160 €/m²

Trouver des prestataires spécialisés



salvoweb.com

opalis.eu

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
Base de données OEKOBAUDAT (DE) - Donnée individuelle thinkstep - Dalles en granite *	31,8	0,6
Base de données OEKOBAUDAT (DE) - Donnée individuelle thinkstep - Dalles en marbre *	16,3	0,3
Base de données OEKOBAUDAT (DE) - Donnée individuelle thinkstep - Dalles en pierre calcaire *	14,9	0,3

* Valeur indicative pour un revêtement de façade de 1 m², d'épaisseur 2 cm et de masse surfacique 52 kg/m².



Selon les sources et le type de pierre, réutiliser 100 m² de dalles de revêtement mural en pierre naturelle de réemploi permet de prévenir la production de ~1490 à ~3180 kg de CO₂ eq. liés à la fabrication de dalles neuves (phase de production uniquement). Cela correspond à un trajet de ~9 000 à ~19 000 km effectué dans une petite voiture diesel.



Récupération de 5300 m² de dalles en granit rouge provenant des façades de la Tour Cèdre à La Défense, Paris (FR). © Incomex <http://pierre-reemploi.com/offre/granit-rouge-de-facade-nr01/>