

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 <u>www.opalis.eu</u> et <u>www.salvoweb.com</u>.

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

Utilisés et réutilisés à travers les âges, les pavés en pierre naturelle ont long-temps été la solution de choix pour l'aménagement des voiries et des espaces publics. Ils se sont cependant fait évincer tout au long du 20ème siècle par des revêtements routiers tels que le béton et les dérivés de l'industrie pétrolière. Au cours de ces dernières décennies, le pavé a fait l'objet d'un regain d'intérêt de la part de certains aménageurs, notamment dans des contextes impliquant une approche patrimoniale.

Emblématique d'une forme d'économie circulaire avant l'heure (le réemploi des pavés est largement attesté dans l'histoire), le pavé est pris aujourd'hui dans une situation quelque peu paradoxale. L'Europe importe en effet des quantités importantes de pavés neufs (principalement depuis l'Asie) tandis qu'elle exporte une quantité non négligeable de son stock de pavés anciens vers les quatre coins de la planète.

Malgré ces tendances de fond, le réemploi des pavés reste une pratique relativement bien ancrée dans les travaux publics et l'industrie du bâtiment. Il existe de nombreuses entreprises bien établies et spécialisées dans la récupération et la revente de pavés. Outre le tri, le nettoyage et le conditionnement des pavés anciens, certaines entreprises explorent également de nouvelles voies pour rencontrer les exigences désormais attendues par les aménageurs, notamment en développant des techniques de découpe des pavés anciens ou en imaginant de nouvelles applications.

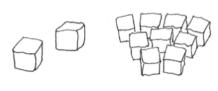
La présente fiche se focalise principalement sur l'usage des pavés en pierre naturelle pour des revêtements de sol extérieurs (abords) et intérieurs, dans des contextes autres que la voirie publique (cette dernière faisant l'objet de spécifications particulières).

Il faut également noter que le terme « pavé » recouvre en réalité une énorme variété d'éléments finalement fort différents. Si l'on peut définir de façon très générale les pavés comme étant des éléments de forme parallélépipédique, durs, utilisés par juxtaposition pour composer un revêtement de sol, il faut tenir compte de la nature quasiment infinie des variations possibles.

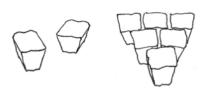
→ Formats. il existe une grande variété de formats de pavés, selon les époques, les régions et les usages, dont certains sont plus courants (Figure 1).

Au-delà de ces grandes familles de formats, il existe une multitude d'appellations spécifiques, souvent étroitement liées à une région, un format, un type de roche ou un traitement particulier. Pour n'en citer que quelques-unes : pavés du Roy (pavé français en grès de format 23 × 23 × 23 cm), pavés Napoléon (pavé français en grès de format 20 × 20 × 20 cm), Boerenkasseien en Belgique et aux Pays-bas, Yorkstone setts au Royaume-Uni, Sampietrini en Italie, etc.

pavé est scié. Les performances associées à la finition du pavé, telles que la résistance à la glissance et à l'usure, déterminent son usage (trottoir, adapté aux PMR, etc.). Les sollicitations auxquelles sont soumis les pavés en phase d'usage peuvent également entraîner un adoucissement et un polissage progressif de la face visible.



pavés mosaïque (forme cubique ou quasi cubique) : 7 à 12 cm de côté en surface de tête et en hauteur de queue (épaisseur). En pratique, les lots de pavés mosaïques sont rarement triés et peuvent aussi contenir des éléments trapézoïdaux issus des appareillages en éventail.



pavés carrés (forme cubique) : 13 × 13 cm, 15 × 15 cm, 17 × 17 cm, 20 × 20 cm, pour une hauteur de queue comprise entre 11 et 20 cm. Ils présentent souvent la particularité d'être démaigris à leur base (retrait de max. 1,5 cm sur chacune des arêtes de la base).



pavés oblongs (forme parallélépipédique) : 9 × 14 cm, 11 × 17 cm, 14 × 20 cm, pour une hauteur de queue comprise entre 10 et 15 cm. Certains modèles présentent aussi un démaigrissement.



pavés platines (format plus aplati) : 12 × 12 cm, 14 × 14 cm, 16 × 16 cm, pour une hauteur de queue comprise entre 5 et 10 cm. Ces pavés sont généralement utilisés comme pavés de trottoir. Certains modèles présentent aussi un démaigrissement.

Figure 1. Principales familles de pavés de dimensions et proportions courantes

- → Nature géologique. De très nombreux types de pierres ont été utilisés pour la taille des pavés. Au-delà des grandes familles pétrographiques (voir ci contre), l'origine des pierres entraîne également une grande diversité
- → Couleurs. La diversité des roches se traduit par une large palette de couleurs. Une même roche peut en outre donner lieu à de grandes variations de teintes. Un vocabulaire spécifique permet de désigner les incrustations de la pierre (veines, grains, strates, trous, etc.).
- → Texture et finition. La texture plus ou moins prononcée des pavés dépend de la pierre utilisée et des techniques de production (clivage, épinçage, sciage). Le plan de tête (face visible) peut présenter une forme bombée, plate ou irrégulière s'il ne subit aucun traitement et est lisse et plat lorsque le

Roches magmatiques

Granite Basalte Porphyre

Roches métamorphiques

Gneiss Marbres Quartzite

Roches sédimentaires

Grès Calcaires Calcaires gréseux



Récupération du matériau

Les pavés en pierre naturelle se retrouvent principalement en applications extérieures telles que des voiries, des places, des terrasses, des allées, ou encore des murs de soutènement et des murets. Pour autant qu'ils ne soient pas scellés avec des mortiers au ciment, leur récupération est aisée. Pour un réemploi sur le même site, il est possible de réaliser sur place les opérations de tri, de nettoyage et éventuellement de sciage, pour autant que les conditions le permettent. La plupart du temps, les pavés démontés sont envoyés vers une entreprise spécialisée qui peut se charger aussi de livrer des lots de pavés prêts à la pose. Ces professionnels sont en mesure d'assurer le bon déroulement des opérations suivantes :

- → Tests de démontage. Ils permettent de vérifier la faisabilité et la rentabilité de la dépose. La nature du lit de pose, les caractéristiques des joints et la nature des pavés sont les principaux facteurs qui affectent la facilité du démontage.
- → *Dépose.* Lors du démontage, le principal point d'attention consiste à s'assurer de conserver une certaine homogénéité des lots. Le risque de détérioration du matériau est faible. Le démontage s'effectue manuellement pour les lignes de formats spécifiques (début de ligne, contrebutage, etc.) et mécaniquement pour les surfaces homogènes. L'utilisation d'une pelle hydraulique munie d'un bac à claire-voie (ou dégrilleur) permet d'enlever grossièrement les résidus de sable, terre, mousse et gravier.

→ Nettoyage et tri. Les lots de pavés démontés sont généralement manipulés sur des bandes transporteuses sur lesquelles ils subissent des opérations telles que :

Pavé en pierre naturelle

- · nettoyage à l'eau;
- tri et nettoyage manuel pour enlever les restes de mortier et/ou d'asphalte;
- tri spécifique (cribleuse plus tri semi-automatisé ou manuel) afin de séparer les pavés selon le type de pierre, le format et la couleur.

Au cours de ce processus, les pavés fendus ou présentant des dégâts visibles sont écartés. Le taux de perte dépend fortement du type de roche et des conditions d'usage d'origine. Il peut monter jusqu'à 20% pour des pavés platine en grès (de manière générale, les roches sédimentaires, qui présentent un plan de clivage privilégié, s'avèrent plus sensibles aux fêlures et aux cassures).



Pavés en grès et pose traditionnelle sur lit de sable : la récupération est généralement aisée



Pavés avec joints ciment : la récupération s'annonce difficile



Utilisation d'un bac à claire-voie



Exemple d'un pavé en grès mal posé. Le plan de clivage doit être parallèle au sens de pose. Dans ce casci, le pavé a probablement subi des contraintes ayant entraîné son clivage. Ce pavé sera écarté au cours du tri lié au réemploi.

Le saviez-vous?

Certaines villes possèdent leur propre stock de matériaux de voirie. À Paris par exemple, il est obligatoire de réutiliser sur site les pavés qui s'y prêtent ou de les dévier vers un stock centralisé, dans lequel les entrepreneurs doivent également se fournir pour les nouveaux aménagements. Cette plateforme, mise en place il y a plus de 20 ans, assure entre autres les opérations de collecte, tri, nettoyage et stockage des pavés parisiens. En plus de minimiser les coûts liés à l'achat de matériaux neufs, elle permettrait d'éviter la mise en décharge de 7000 à 8000 tonnes de granite par an (pavés + bordures), correspondant à 600 tonnes de CO2 non émis. (Source : Centre de Maintenance et d'Approvisionnement (CMA) de la mairie de Paris, ADEME)



Station de tri spécifique



- → *Traitements*. Si certains pavés peuvent être réutilisés tels quels après un nettoyage sommaire, d'autres passent par des opérations complémentaires qui affectent leurs caractéristiques :
 - · Sciage en 2 parties égales (Figure 2). Permet d'obtenir deux pavés d'épaisseur équivalente et présentant une nouvelle surface de tête lisse. Ces éléments ne répondent plus au même niveau de performances que l'élément d'origine. Dans le cas de pavés démaigris (c'est-à-dire dont la base est plus étroite que la face visible), la découpe donne naissance à des éléments de dimensions différentes. En outre, la partie haute du pavé se pose dans un sens qui ne respecte plus le démaigrissement. Certains opérateurs n'effectuent pas le tri entre les deux éléments. Ceci peut avoir une incidence sur certains types de mise en œuvre aussi faut-il en tenir compte.
 - Sciage de la partie supérieure du pavé (Figure 3). Résulte en un pavé épais dont la nouvelle face visible est bien lisse et aux performances mécaniques similaires à celle du produit d'origine (aussi appelé pavé rectifié). Il en résulte également un co-produit d'épaisseur plus fine (1 à 4 cm) appelé « chapeau », « calotte » ou « tête de pavé ». Ce dernier n'est pas toujours valorisé localement mais de grandes quantités sont toutefois exportées à l'étranger. Cette opération est également utilisée pour se débarrasser de restes d'asphalte difficiles à éliminer par nettoyage.
 - Clivage. Découpe d'un pavé en deux parties égales. L'usage d'une fendeuse permet de produire une surface de tête plus irrégulière que par sciage. Attention en cas de démaigrissement.

Le sciage des pierres dures (telles que granites et porphyres) est plus rare. Pour les roches sédimentaires, la face sciée doit nécessairement être parallèle au plan de stratification.

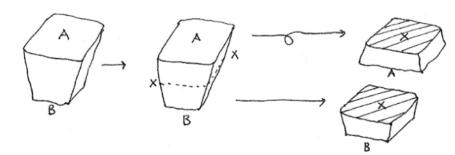


Figure 2. Sciage en 2 parties égales

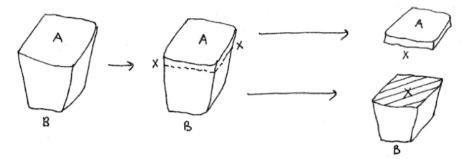


Figure 3. Sciage de la partie supérieure

→ Stockage et conditionnement : les pavés non triés sont généralement stockés en vrac dans des silos extérieurs. Les pavés triés et nettoyés sont stockés de la même manière. Ils peuvent aussi être conditionnés sur palettes, dans des caisses de bois ou des big bags afin d'éviter de se mélanger.

Les pavés prêts à la pose sont clairement identifiés et étiquetés par lots homogènes. Ils sont revendus au m² ou à la tonne. La plupart des fournisseurs sont en mesure de fournir une fiche technique reprenant les caractéristiques des pavés (type de roche, dimensions nominales et tolérances, finition, applications prévues) ainsi que leur provenance. Plus exceptionnellement, certains fournisseurs peuvent caractériser plus finement les performances d'un lot de pavés sur base d'un rapport d'essai mené sur un échantillon de référence (caractéristiques pétrographiques, chimiques, physiques et mécaniques).

Il est conseillé d'impliquer des professionnels spécialisés pour garantir le bon déroulement de ces opérations.



Stockage en vrac



Stockage en vrac



Sciage de la partie supérieure



Stockage en palette-box



Stockage en vrac et en big bags



Applications et mise en œuvre

Depuis trois décennies, l'évolution de l'environnement urbain et la conscience de l'intérêt esthétique et patrimonial des pavés ont valorisé leur usage et celui des pierres naturelles en général. La conception récente des ouvrages en pavés en pierre naturelle de réemploi intègre généralement une approche multidimensionnelle: historique, architecturale, fonctionnelle, sociologique et environnementale

Les pavés de réemploi s'utilisent principalement comme éléments modulaires pour le revêtement de sols extérieurs ou intérieurs, pour des applications soumises à des sollicitations modérées (piétonniers, places, allées, etc.) ou plus intenses (voiries carrossables). Ils conviennent également aux constructions maçonnées de murets et murs de soutènement. Les co-produits issus du sciage (« chapeaux » de 1 à 2 cm d'épaisseur) peuvent quant à eux être utilisés en revêtement de sol pour des usages soumis à de faibles sollicitations, en parement mural et de façades ou en tant qu'élément d'aménagement extérieur.

Le choix d'un type de pavé dépend des sollicitations propres à l'usage envisagé : trafic attendu, conditions climatiques, niveau sonore, perméabilité du revêtement, règles urbanistiques, etc. Le pavé en tant que tel ne fait pas tout. La technique de pose envisagée contribue aussi grandement à l'atteinte des exigences attendues - notamment, et de façon non exhaustive, selon la nature de la fondation et de la couche de pose, le type de jointoiement, le type d'appareillage, la nature des éléments de blocage, etc. De même, la qualité de la mise en œuvre peut faire toute la différence entre un revêtement de sol conforme aux attentes et un revêtement qui n'y satisfait pas (par exemple, en matière de planéité). Finalement, la conception des ouvrages en pavés nécessite de prendre en compte l'entretien envisagé. Par exemple, il est préférable de ne pas mettre en œuvre des joints en gravillons sur une place de marché où passe régulièrement une brosseuse/ balayeuse.

À cet égard, les points d'attention liés à la mise en œuvre des pavés de réemploi ne diffèrent pas de ceux liés aux pavés neufs. Il appartient aux auteurs de projet de se reposer sur les réglementations, les règles de l'art et les normes techniques en vigueur dans ce domaine (notamment la norme européenne pour le pavage extérieur EN 1342). Il est à noter que certains guides locaux de référence sur la mise en œuvre des pavés intègrent déjà le cas des pavés de réemploi (par exemple : le référentiel Qualiroute développé en Région wallonne, Belgique).

Le tableau 1 reprend à titre informatif les principales exigences applicables à la mise en œuvre de pavés de voiries.

Penser réversible!

Certains modes de pose compliquent voire empêchent la récupération des pavés. C'est notamment le cas de la pose rigide, impliquant des mortiers et liants hydrauliques. En ce sens, dès que c'est possible et à performances comparables, il est préférable de privilégier une pose souple (assise souple, lit de pose en sable et joints en sable, en sable stabilisé ou à partir d'une émulsion bitumineuse). Réalisé dans les règles de l'art, ce mode de pose s'avère très résistant aux efforts, est facilement réparable et ne provoque pas de désordres de type soulèvement ou fissuration.

<u>Tableau 1</u>: Principales exigences applicables à la mise en œuvre de pavés de voiries

Usage recommandé	Résistance à la compression (MPa)	Epaisseur minimale (cm)	Appareillage	Type de pose
décoration	pas d'exigence	pas d'exigence	Tous	Flexible ou rigide
usage piétonnier uniquement	> 50	6	Tous	Flexible ou rigide
zones piétonnières et cyclables	> 85	8	Tous	Flexible ou rigide
accès occasionnel de véhicules légers, entrées de garage	> 100	8	Tous	Flexible ou rigide
zone de circulation piétonnière, places de marché, circulation occasionnelle de véhicules de livraison/ secours	> 100	10	Pas en panneau	Rigide
zone de circulation piétonnière fréquemment employée par des poids-lourds	> 100	10	Pas en panneau	Flexible ou rigide
routes et rues	> 160	12	Pas en panneau	Rigide



Sciage en 2 parties égales



Mise en oeuvre de pavés sciés



Mise en oeuvre de pavés sciés / bruts



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

- → Composition du lot : le lot est constitué de pavés en pierre de réemploi de même type, même nature géologique voire d'une même origine d'usage. Il est conseillé de définir un lot comme une surface à paver, de même application et de maximum 500 m². Des lots de pavés mélangés peuvent toutefois convenir pour des applications moins exigeantes.
- → Format : selon la mise en œuvre, les pavés doivent présenter une plus ou moins grande stabilité dimensionnelle (même dimensions et même démaigrissement). À noter : les mises en œuvre de pavés de type « mosaïques » s'accommodent d'une plus grande variabilité à cet égard.
- → *Teinte* : par nature, une variabilité de teinte et d'aspect est une spécificité des pierres naturelles.
- → *Etat*: le lot ne doit pas contenir d'éléments présentant des fêlures ou des dégâts majeurs. Selon les exigences, préciser que les pavés doivent être exempts de restes de mortier et d'asphalte.
- → Forme et finition : selon les exigences requises, préciser l'aspect de la face visible (brute, sciée, clivée, bombée, irrégulière, plate, etc.) et demander que celui-ci soit identique pour tout le lot.
- → 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 pavés de réserve afin de procéder aux réparations ultérieures.

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 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!

Pour augmenter les chances de rencontrer l'offre disponible sur le marché du réemploi, le prescripteur peut choisir de fractionner les grandes surfaces en lots de plus petite quantité (par exemple, en prévoyant des assemblages et des motifs différents sur la surface à paver).



Pavés de réemploi, Place communale de Raeren (BE) © Carrière de la Hazotte



Pavés de réemploi, Projet « Charles Malis », Molenbeek (BE) (Archi : Mamout + Willocx + LD2) © Studio Fiftyfifty



Caractéristiques et aptitudes à l'usage

La norme harmonisée européenne EN 1342 établit les caractéristiques pertinentes (selon le contexte) en vue de déterminer l'aptitude à l'usage des pavés en pierre naturelle destinés au pavage extérieur. Bien que détaillées pour les matériaux neufs issus de l'extraction et de la transformation des pierres naturelles, ces caractéristiques peuvent s'avérer utiles pour envisager le cas particulier des pavés de réemploi (tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques à évaluer en vue de déterminer l'aptitude à l'usage des pavés en pierre naturelle destinés au pavage extérieur

Caractéristiques	Commentaires
Provenance géologique et description pétrographique	Les pavés de réemploi proviennent d'ouvrages susceptibles d'avoir été réalisés à partir de lots d'origines différentes. S'il est possible de caractériser visuellement le type de roche en présence, il est cependant très rare que l'on puisse 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 pour des éléments récents ou des documents d'archives pour des éléments plus anciens). Ceci est d'autant plus vrai pour les lots constitués par le regroupement de pavés d'origines diverses.
Provenance géographique	Comme pour la provenance géologique, l'information sur la provenance géographique d'origine d'un lot de pavés de réemploi est difficile à attester avec certitude (carrière d'origine). En revanche, on peut déduire certaines caractéristiques si l'on sait où les pavés ont été démontés. Ainsi, des pavés en bon état qui ont été démontés dans une région soumise à de forts cycles de gel/dégel témoignent vraisemblablement d'une bonne résistance au gel. Autre exemple : des pavés en bon état provenant d'une rue soumise à un passage intensif de véhicules lourds témoignent d'une certaine façon de leur bonne résistance à la compression. Ainsi, à défaut d'information sur la carrière d'origine, il peut être utile de disposer d'informations sur la voirie d'où proviennent les pavés.
Masse volumique apparente et porosité	Ces caractéristiques sont propres à chaque pierre et peuvent être trouvées facilement dans la documentation technique. Si nécessaire, elles peuvent être mesurées par un essai d'identité tel que défini par une norme d'essai (EN 1936). La porosité d'une pierre (ou absorption d'eau) ne conditionne pas directement sa gélivité. Elle influence par contre son degré de résistance aux salissures.
Dimensions en plan (lon- gueur, largeur)	Cette caractéristique peut être connue en procédant à des mesures simples. Elle est étroitement liée au degré de tri et de nettoyage des pavés de réemploi. Il est conseillé de définir avec le fournisseur la tolérance dimensionnelle applicable, selon l'appareillage requis et la fonctionnalité de l'ouvrage. Par exemple : des pavés platine en appareillage droit requièrent une stabilité dimensionnelle élevée (tolérance ±10 mm).
Hauteur de queue (épaisseur)	L'usage et le type de sollicitation définissent généralement la hauteur de queue minimale nécessaire. La tolérance sur la hauteur de queue est principalement fonction du mode de pose et de l'épaisseur du lit de pose. Par exemple, en pose souple sur lit de sable, une tolérance de plus 15 mm de hauteur de queue est possible si la couche de sable est épaisse de 7 cm (± 1,5 cm). En pose rigide ou semi-rigide, une tolérance plus faible est d'application. Il est donc conseillé de définir cette tolérance avec le fournisseur.
Démaigrissement, planéité et irrégularité des faces clivée	Ces caractéristiques sont étroitement liées au degré de tri et de nettoyage des carreaux de réemploi. Un examen visuel ou détaillé du lot est souvent suffisant pour les estimer.
Résistance à la compression	Ce facteur détermine principalement la capacité de l'ouvrage à résister aux sollicitations de charges (véhicules, poids lourds). Il est recommandé d'utiliser des pavés de résistance supérieure à 60 MPa pour les ouvrages subissant le passage de véhicules légers (jusqu'à 25 poids-lourds/jours) et >120 Mpa si le nombre de poids-lourds dépasse 150/jour. Une norme d'essai permet de mesurer ce paramètre (EN 1926).
Glissance et résistance au dérapage	Cette caractéristique influence le confort et la sécurité des usagers. Elle dépend principalement de la rugosité et de la texture du revêtement. Cette caractéristique évolue dans le temps sous l'influence de l'usure du revêtement, la présence de salissures , les conditions d'entretien, la pente, la densité des joints et le contexte climatique (pluviosité). De manière générale, les pavés de texture grossière (grès) et de finition irrégulière (non sciés) présentent une résistance suffisante au glissement. Une norme d'essai permet de mesurer ce paramètre pour les pavés sciés ou présentant des irrégularités inférieures à 1 mm (EN 14231). L'évaluation approfondie de la glissance est pertinente lorsque l'ouvrage est destiné aux piétons et la résistance au dérapage lorsque l'ouvrage est destiné à la circulation de véhicules. Des traitements de finition spécifiques (flammage, par exemple) peuvent éventuellement être appliqués en cours d'usage afin de satisfaire aux exigences en vigueur.





Caractéristiques	Commentaires
Résistance au gel/dégel (et aux sels de déverglaçage)	La provenance et l'état d'un lot de pavés peuvent offrir une indication utile pour déterminer leur résistance au gel/dégel. Beaucoup de pavés anciens 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 sur des lots de pavés neufs (la norme EN 12371 repose en effet sur un dispositif de test qui revient à simuler en laboratoire des cycles d'exposition successive à des conditions climatiques variables en température et en humidité). Les pavés moins résistants ayant subi des dégâts dûs au gel auront vraisemblablement été écartés lors des étapes de tri.
Résistance à l'abrasion et au polissage (usure)	Cette caractéristique de durabilité dépend de l'intensité et de la nature du trafic, de la présence de particules abrasives et des conditions d'entretien. S'il existe une norme d'essai qui permet d'évaluer cette caractéristique avec précision (EN 14157 - essai Capon), on peut également l'approcher, pour les pavés de réemploi, en s'appuyant sur la façon dont ceux-ci ont résisté aux sollicitations de leur premier usage. De manière générale, les granites, porphyres et basaltes conviennent aux sollicitations intenses et résistent davantage à l'usure que les grès et les calcaires.
Résistance aux salissures	Une porosité inférieure à 4% est généralement satisfaisante pour limiter les risques de salissure. Il est éga- lement possible de repérer visuellement le degré de salissures des pavés de réemploi en observant la face visible des éléments non transformés (sciés). Des traitements de surface spécifiques peuvent également être préconisés pour améliorer cette performance.

A titre indicatif, le tableau 3 reprend quelques-unes des performances connues de quelques types de roches constitutives des pavés fréquemment réemployés. À nouveau, il est important de préciser que chaque pierre présente des spécificités et que deux lots de pavés de la même roche peuvent toutefois présenter des performances assez différentes.

<u>Tableau 3</u>: Caractéristiques des roches constitutives des pavés fréquemment réemployés

	Masse volumique apparente (kg/m³)	Résistance à la compression (MPa)	Porosité	Comportement à l'usure
Grès	2000 - 2700	200 - 260	peu poreux	++
Pierre bleue (et calcaires)	1500 - 2800	60 - 200	peu poreux	++
Porphyre	2000 - 2800	280	très peu poreux	+++
Granite	2500 - 3000	100 - 210	très peu poreux	+++
Basalte	2800 - 3000	320	très peu poreux	+++



Pavés de réemploi sciés, Place communale de Molenbeek (BE). © a practice, Atelier Ruimtelijk advies et Marie-Françoise Plissart



Centre Culturel Werf 44, Schilde (BE)
© Conix RDBM Architects

Disponibilité

Le marché professionnel du pavé en pierre naturelle de réemploi est assez conséquent. Les fournisseurs sont capables de fournir facilement des quantités importantes (> 1000 m²).

Prix indicatifs (Hors Taxes)

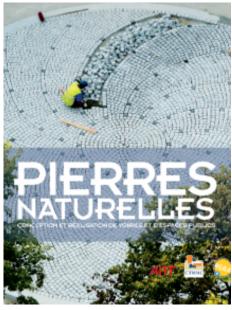
Un échantillonnage non exhaustif du marché du réemploi d'Europe de l'Ouest (Belgique, France, Grande-Bretagne et Pays-Bas) a permis d'extraire quelques prix indicatifs. Ceux-ci varient selon la disponibilité du format et du type de pierre, ainsi que du degré de tri et de nettoyage demandé. Un pavé trié est souvent plus cher qu'un pavé non-trié, mais est plus évident à placer.

Quelques prix constatés (prix pour clients particuliers) :

- Coût de la dépose : 10 15 €/m². Si la quantité est suffisante, le démontage peut être pris en charge par l'opérateur.
- Fourniture : selon format, type de pierre, état général du lot, etc.
- L'opération de sciage coûte généralement entre 30 et 60 €/m².

Le saviez-vous?

Dans ses mémoires, le Baron Haussmann raconte qu'il a essayé de convaincre Napoléon III de choisir des pavés de porphyre pour les voiries du nouveau Paris. Haussmann ne tarit pas d'éloges à leur égard : propreté, solidité, durabilité, etc. Mais Napoléon III est un cavalier! Et les sabots n'aiment pas les pavés, ils glissent! Il veut de la dolomie partout - et tant pour la piétaille qui devra s'arranger avec la boue les jours pluvieux. Haussmann n'en démord pas. Il enjoint ses équipes techniques à réfléchir à un système de fer à cheval en caoutchouc, qui serait mieux adapté aux pavés. Il préfère changer les sabots de tous les chevaux de Paris que de voir cette satanée dolomie. Finalement, c'est tout de même l'empereur qui aura gain de cause et Paris n'aura pas de porphyre! (Mémoires du baron Haussmann, 1890, Victor-Havard, Paris).



Pierres naturelles - Conception et réalisation de voiries et d'espaces (2019), RGRA, 440 p., ISBN : 978-2-913414-52-5

Trouver des prestataires spécialisés SALVO OPALIS salvoweb.com opalis.eu



Pavés de Bruxelles (2015), AAM Editions, 521 p., ISBN : 978-2-87143-308-8

Pavés de réemploi triés et nettoyés	Pavés neufs
Grès : 40 - 50 €/m²	Grès belge : ~90 €/m²
Granite: 30 - 40 €/m²	Grès indien : ~30 €/m²
Basalte : 30 - 50 €/m²	Granite portuguais : ~30 €/m²
Porphyre : 20 - 30 €/m²	Basalte vietnamien : ~35 €/m²
Porphyre (mélange de formats) : 15 - 20 €/m²	
Pavé mosaïque : 30 - 40 €/m²	

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO₂ eq./kg
Base de donnée INIES (FR) - Donnée générique *	45,0	-
Base de donnée ICE (UK) – Granite **	175,0	0,7
Base de donnée ICE (UK) – Sandstone ***	12,0	0,06

^{*} Valeur indicative pour un revêtement de 1 m² et d'épaisseur 15 cm de voirie ou d'espace public en pierre naturelle pendant une durée de vie de référence de 150 ans.

^{***} Valeur indicative pour un revêtement de 1 m² en grès (épaisseur = 10 cm, masse volumique = 2000 kg/m³)



Selon les sources, réutiliser 100 m^2 de pavés en pierre naturelle de réemploi permet de prévenir la production de $\sim 1200 \text{ à} \sim 17500 \text{ kg}$ de CO_2 eq. liés à la fabrication de pavés neufs (phase de production uniquement). Cela correspond à un trajet de $\sim 7200 \text{ à} \sim 105000 \text{ km}$ effectué dans une petite voiture diesel.











^{**} Valeur indicative pour un revêtement de 1 m² en granite (épaisseur = 10 cm, masse volumique = 2500 kg/m³)