

LE GUIDE PRATIQUE DE LA

PIERRE NATURELLE



► EDITOS

Ce guide est le fruit d'un travail collaboratif, ce qui caractérise parfaitement le métier de l'économiste qui doit être attentif aux prescriptions émises par les spécialistes de l'industrie de la pierre afin de répondre au mieux aux attentes des donneurs d'ordres.

“ Loin d’être un matériau désuet, vous pourrez découvrir, grâce à ce guide, des réalisations contemporaines de grande qualité avec des nombreux détails vous permettant de visualiser et comprendre les différents systèmes et méthodes de mise en œuvre. ”

Au nom de l'Untec je tiens à remercier le Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction et toutes les personnes associées à ce travail qui ont œuvré pour la rédaction de ce guide.

Pascal ASSELIN
Président Untec





Matériaux naturels et esthétiques par excellence, les pierres françaises sont ancrées dans leur territoire et contribuent depuis toujours à façonner le patrimoine bâti national tout en marquant, de leur empreinte, chacune de nos régions.

Mais si cette dimension patrimoniale est aujourd'hui officiellement reconnue par le dispositif d'Indication Géographique récemment étendu à certains produits non alimentaires, il n'en reste pas moins vrai que la pierre naturelle française est également un matériau contemporain capable de s'adapter aux exigences les plus modernes de la construction et de contribuer de manière durable au bien-être de ses utilisateurs.

“ Avec un réseau de plus de 400 carrières, une durabilité exceptionnelle et une capacité à être réutilisée quasiment sans fin, les pierres naturelles françaises participent à la transition du monde de la construction dans l'univers de l'économie circulaire. ”

Ce guide, conçu conjointement par l'Untec et le département ROC du CTMNC, se veut avant tout être un outil d'aide pratique à la prescription des pierres naturelles dans la construction. Je suis certain qu'il vous sera utile et qu'il vous aidera à choisir nos matériaux pour vos projets.

Je remercie sincèrement toutes les personnes qui ont apportées leur concours à la rédaction de cet ouvrage.

Jean-Louis VAXELAIRE
Vice-Président CTMNC

► SOMMAIRE

#1 LES INTERVENANTS ET LEURS RÔLES	5
1.1 Maître d'ouvrage	6
1.2 Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO)	6
1.3 Maître d'œuvre	6
1.4 Entreprise	7
1.5 Producteur	7
#2 LES DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS TEXTES	8
2.1 Règlements	9
2.2 Normes	9
2.3 Document Technique Unifié (NF DTU)	9
2.4 Avis Technique (ATec), Document Technique d'Application (DTA)	10
2.5 Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX)	10
2.6 Cahier des Prescriptions Techniques	10
#3 LA PIERRE NATURELLE	11
3.1 Les différents types de pierres naturelles	12
3.2 L'identification de la pierre naturelle	12
3.3 Les atouts de la pierre naturelle	14
3.4 Les ordres de grandeurs des principales caractéristiques	15
3.5 Les principales finitions de la pierre naturelle	16
3.6 Les traitements de la pierre naturelle	18
#4 LES RÉFÉRENTIELS TECHNIQUES ET NORMATIFS	19
#5 L'UTILISATION DE LA PIERRE DANS LES OUVRAGES	22
5.1 La construction en pierre massive	23
5.2 Les revêtements muraux en pierre attachée	26
5.3 Les revêtements muraux collés	27
5.4 Les revêtements de sol scellés	28
5.5 Les revêtements de sol collés	29
5.6 Les revêtements de sol de voirie	30
5.7 Le mobilier urbain et d'assise	31
5.8 Les monuments funéraires	32
#6 LES PARAMÈTRES INFLUANT SUR LE COÛT DE LA PIERRE NATURELLE	33

AVERTISSEMENT

Ce guide donne un aperçu des prescriptions applicables à la pierre en construction neuve. Il est volontairement simplifié et ne se substitue en aucun cas aux textes en vigueur (Règlements, Normes, Avis Techniques, etc.).

#1
**LES INTERVENANTS
ET LEURS RÔLES**



► 1. LES INTERVENANTS ET LEURS RÔLES

1.1 MAÎTRE D'OUVRAGE

Etat, collectivités, entreprises, etc.

C'est le client, le commanditaire des travaux et le propriétaire de l'ouvrage.

Son rôle :

Demander à la maîtrise d'œuvre des dossiers de consultation conforme aux normes professionnelles :

- pour améliorer la transparence des offres ;
- pour faciliter les préparations de chantiers (revue de contrat avant exécution) ;
- pour limiter les risques de litiges en phase « Exécution/Réception ».

En cas de contentieux légitime entre les différents contractants, un dossier non conforme peut s'avérer difficile à défendre du fait de ses conséquences telles que surcoûts, allongement des délais, malfaçons, etc.

! **Un dossier mal élaboré décourage les entreprises professionnelles à répondre à l'appel d'offre ou à la consultation.**

1.2 ASSISTANCE À MAÎTRISE D'OUVRAGE (AMO)

Son rôle :

Aider le maître d'ouvrage :

- à définir, piloter et exploiter le projet réalisé par le maître d'œuvre ;
- à prendre des décisions qui lui incombent ;
- à réceptionner l'ouvrage.

L'AMO a un rôle de conseil et de proposition vis à vis du maître d'ouvrage, à l'exclusion de toute fonction de représentation :

- il ne prend pas de décision à la place du maître d'ouvrage ;
- il n'intervient que pour suppléer l'absence de compétences techniques du maître d'ouvrage ;
- Il fait le lien entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre.

1.3 MAÎTRE D'ŒUVRE

Economiste, architecte, bureau d'étude (structure, thermique, acoustique, etc.).

Chargé de la conception, des études et du suivi pour le compte du maître d'ouvrage.

Son rôle :

Respecter les normes professionnelles rappelées dans le présent guide :

- pour que la prescription des travaux soit précise et conforme aux exigences des pièces techniques du marché, à l'exploitation et au rapport initial du contrôle technique ;
- afin de limiter les malentendus sur l'étendue et la qualité des prestations souhaitées ;
- pour obtenir des entreprises, le respect des textes de la profession et des règles de l'art ; pour limiter les risques de litiges en phase « Réalisation ».

Dans le cadre d'une mission d'exécution :

Respecter les règles de métré pour éviter les litiges en termes de préconisation, notamment dans les domaines environnementaux (déchets, etc.), sanitaire et de sécurité.

Conséquences d'un dossier de consultation et d'étude non conforme :

- perte de temps non rémunérée ;
- responsabilité sur d'éventuels litiges à assumer ;
- relationnel délicat.

! **Des dossiers mal élaborés discréditent la maîtrise d'œuvre.**

1.4 ENTREPRISE

Son rôle :

Demander aux prescripteurs des dossiers de consultation conformes aux textes de la profession :

- pour limiter le temps passé à étudier les dossiers de consultation (questions à poser, contrôles complémentaires sur métré, etc.) ;
- pour une quantification précise évitant les sources de litiges, pour limiter les risques financiers à prendre ;
- pour limiter les pertes de temps et les litiges en phase d'exécution.

Conséquences d'un dossier de consultation non conforme :

- surcroît de travail en phase « Étude », litiges et perte de temps en phase « Réalisation » pouvant entraîner d'importantes pertes financières et d'éventuels arbitrages ;
- relationnel délicat.

Respecter le guide pratique et les normes techniques, lorsque l'entreprise établit un devis sans dossier de consultation initial :

- pour remettre une offre précise et professionnelle afin d'accroître la confiance du client ;
- pour limiter le risque de litige avec ses clients ;
- dans le cas d'un litige avec un client, pour permettre une meilleure défense de l'entreprise qui pourra s'appuyer sur les textes professionnels afin de faire valoir son point de vue.

⚠ **Attention : dans un tel cas, un expert indiquera que l'entrepreneur doit connaître les règles de l'art et qu'il a un devoir de conseil vis-à-vis de son client. Par conséquent, tout marché qui ne respecterait pas ces règles et les normes sera contesté au cours d'une expertise.**

1.5 PRODUCTEUR

Son rôle :

Le producteur, acteur à part entière de la filière construction, propose des produits et systèmes pour construire, rénover ou entretenir les bâtiments.

L'ensemble de ses produits doit être conforme aux normes-produits, normes de spécifications et normes-DTU de mise en œuvre lorsque leur caractère traditionnel est reconnu ou un Avis Technique, Document Technique d'Application, Appréciation Technique d'Expérimentation dans le cas de procédés innovants. (Voir aussi le calepineur page 34)

Figure 1
Réalisation d'un ouvrage en pierre naturelle





#2

LES DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS TEXTES

AVERTISSEMENT

Dans tous les cas, il convient de bien vérifier les dates de publication, de validité, d'application, etc.

2.1 RÈGLEMENT

Le règlement est de caractère obligatoire et peut être une loi, un décret, un arrêté. Il concerne l'incendie, la thermique, l'acoustique, la sismique, l'accessibilité, le marquage CE, l'environnement, le risque sanitaire, etc.

Les publications paraissent dans le Journal Officiel (JO) et se distinguent par le numéro, la date et l'intitulé.

2.2 NORME

La norme est un document de référence approuvé par un institut de normalisation reconnu tel que l'AFNOR.

Elle définit des caractéristiques et propose des règles d'application volontaires et est à la disposition du public. Le terme « norme » est un terme général regroupant plusieurs types de normes parmi lesquelles il y a les normes fondamentales, les normes produits, les normes de spécifications, les normes de mise en œuvre, les normes d'essais et les normes de conception, de calcul et de dimensionnement (Eurocodes).

Normes fondamentales : elles donnent les règles en matière de terminologie, sigles, symboles, statistiques, métrologie.

Normes produits et normes de spécifications : elles fixent les caractéristiques d'un produit, d'un service, d'un procédé ou d'un système ainsi que des seuils de performance à atteindre. Quand elles sont harmonisées (hEN), elles ont une annexe ZA qui fixe les conditions au marquage CE obligatoire du produit pour sa mise sur le marché européen.

Normes de mise en œuvre et d'exécution (NF DTU) : cf. paragraphe 2.3

Normes d'essais : elles indiquent la méthodologie à respecter et les moyens pour la réalisation d'un essai sur un produit.

Les Eurocodes : ce sont des normes européennes de conception, de dimensionnement et de justification des structures de bâtiment et de génie civil.

Les normes sont d'application volontaire et contractuelle sauf dans le cas où elles sont citées dans les règlements (par exemple, l'Eurocode 8) et sont dans ce cas obligatoires.

2.3 DOCUMENT TECHNIQUE UNIFIÉ (NF DTU)

Un NF DTU propose des clauses types. Il constitue des pièces types d'un marché de travaux entre l'entrepreneur de bâtiment et son client.

Il ne peut être considéré comme réglementaire, ni obligatoire puisque sa prise en compte dans les marchés relève du simple accord contractuel entre les parties intéressées.

Un NF DTU constitue un cahier des clauses techniques types applicables contractuellement à des marchés de travaux de bâtiment. Il permet au maître d'ouvrage de choisir l'ouvrage en toute connaissance avec l'entreprise.

Un NF DTU est composé de plusieurs parties :

- Partie 1-1 : Cahier des Clauses Techniques types (CCT) ;
- Partie 1-2 : Critères Généraux de choix des Matériaux (CGM) ;
- Partie 2 : Cahier des Clauses administratives Spéciales types (CCS) ;
- Eventuelles partie 3 et suivantes : mémento, guides ou règles de calcul, etc.

2.4 AVIS TECHNIQUE (ATec), DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION (DTA)

L'Avis Technique (ATec) délivré par un groupe d'experts est destiné à fournir une opinion de faisabilité technique sur des procédés, matériaux, éléments ou équipements utilisés dans la construction lorsque leur nouveauté ou celle de l'emploi qui en est fait ne leur permet pas d'être normalisés.

Si un produit ou procédé est sous Avis Technique, il est impératif de consulter l'Avis Technique et le Dossier Technique dans son intégralité et de vérifier la validité du document.

Le Document Technique d'Application (DTA) est une variante de l'Avis Technique lorsque les produits relèvent du marquage CE.

L'Avis Technique ou le Document Technique d'Application est nécessaire pour l'assurabilité d'un ouvrage utilisant des procédés non traditionnels.

2.5 APPRÉCIATION TECHNIQUE D'EXPÉRIMENTATION (ATEX)

L'Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX) est une procédure rapide d'évaluation technique formulée par un groupe d'experts sur tout produit, procédé nouveau et innovant pour lequel il n'est pas possible ou pas encore possible d'instruire un ATec et dont la mise au point nécessite l'utilisation expérimentale sur un ou plusieurs chantiers.

Elle peut être favorable, réservée ou défavorable.

L'Appréciation Technique d'Expérimentation est nécessaire pour l'assurabilité d'un ouvrage utilisant des procédés non traditionnels.

2.6 CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

Un Avis Technique traite des conditions et prescriptions de mise en œuvre.

Lorsque les procédés, matériaux, éléments ou équipements présentent des prescriptions communes à plusieurs Avis Techniques ou Documents Techniques d'Application, elles sont regroupées dans un Cahier des Prescriptions Techniques (CPT).



#3
**LA PIERRE
NATURELLE**

► 3. LA PIERRE NATURELLE

La pierre naturelle est un matériau présent dans le domaine de la construction depuis toujours et qui se prête aux utilisations les plus diverses. En effet, ses coloris variés, ses différentes finitions ainsi que la plage étendue de ses caractéristiques physico-chimiques font qu'elle s'intègre harmonieusement quel que soit le style.

3.1 LES DIFFÉRENTS TYPES DE PIERRES NATURELLES

Il existe trois différents types de pierres naturelles : les roches magmatiques, les roches sédimentaires et les roches métamorphiques.

Les **roches magmatiques** sont formées par le refroidissement et la solidification du magma comme le granite, le basalte, la diorite, etc.

Les **roches sédimentaires** sont formées par dépôt et solidification de sédiments organiques ou minéraux comme le calcaire, le grès, le travertin, etc.

Les **roches métamorphiques** sont des roches provenant de masses de roches préexistantes transformées par l'action de la température et de la pression comme le marbre, le schiste, le gneiss, etc.

3.2 L'IDENTIFICATION DE LA PIERRE NATURELLE

Dans le contexte actuel de concurrence internationale où les échanges engendrent parfois des substitutions de pierres ayant des faciès comparables, une méthode d'identification de la pierre naturelle, ou « ADN » de la pierre naturelle, a été mise en place par le CTMNC. Cette méthode a pour but de référencer chaque pierre naturelle française grâce à une fiche d'identité propre et unique à chaque pierre de construction. Cette fiche d'identité sert de référentiel pour la comparaison lorsqu'un doute existe sur la provenance d'une pierre.

Cette méthode d'identification est une méthode scientifique objective et quantitative permettant de caractériser et de comparer des pierres de construction en réalisant plusieurs analyses, précédées d'une inspection visuelle :

Analyse pétrographique

L'analyse pétrographique consiste en une analyse quantitative combinant un examen macroscopique et un examen microscopique permettant de mettre en évidence la nature et la quantité des minéraux constituant la roche.

Analyse géochimique

L'analyse géochimique a pour objectif de mettre en évidence les éléments majeurs constitutifs de la roche ainsi que les traces éventuelles, les isotopes radiogéniques et les isotopes stables.

Analyse magnétique

Cette analyse, pratiquée uniquement sur les roches granitiques, permet de caractériser les propriétés magnétiques d'une pierre magmatique.

Lorsqu'un doute existe sur la provenance d'une pierre, l'étude comparative est menée comme suit :

Pour les roches sédimentaires :	Pour les roches magmatiques :
1. Analyse pétrographique	1. Analyse pétrographique
2. Analyse géochimique	2. Analyse géochimique
	3. Analyse magnétique

Dès qu'une analyse met en évidence des traceurs discriminants différents, l'étude comparative se termine.



Deux pierres ayant un même aspect visuel n'ont pas pour autant les mêmes caractéristiques chimiques et physiques (résistance mécanique, durabilité, etc.). L'usurpation d'une pierre par une autre ayant un aspect semblable mais des caractéristiques différentes peut engendrer des sinistres non seulement coûteux mais pouvant mettre en danger la sécurité des personnes. Avant toute utilisation, l'aptitude à l'emploi doit être vérifiée.

L'interprétation des résultats des différentes analyses est toute aussi importante que les résultats proprement dit. Cette interprétation doit se faire conformément à la méthodologie du CTMNC*. Il est préférable, dans la mesure du possible, de réaliser cette étude comparative avant la commande de la fourniture.

Pour une analyse « complète » (résultats d'essais et interprétations) au CTMNC, le coût est, en 2015, d'environ 2500 €, coût relativement faible au regard des sinistres potentiels et de leurs impacts économiques.

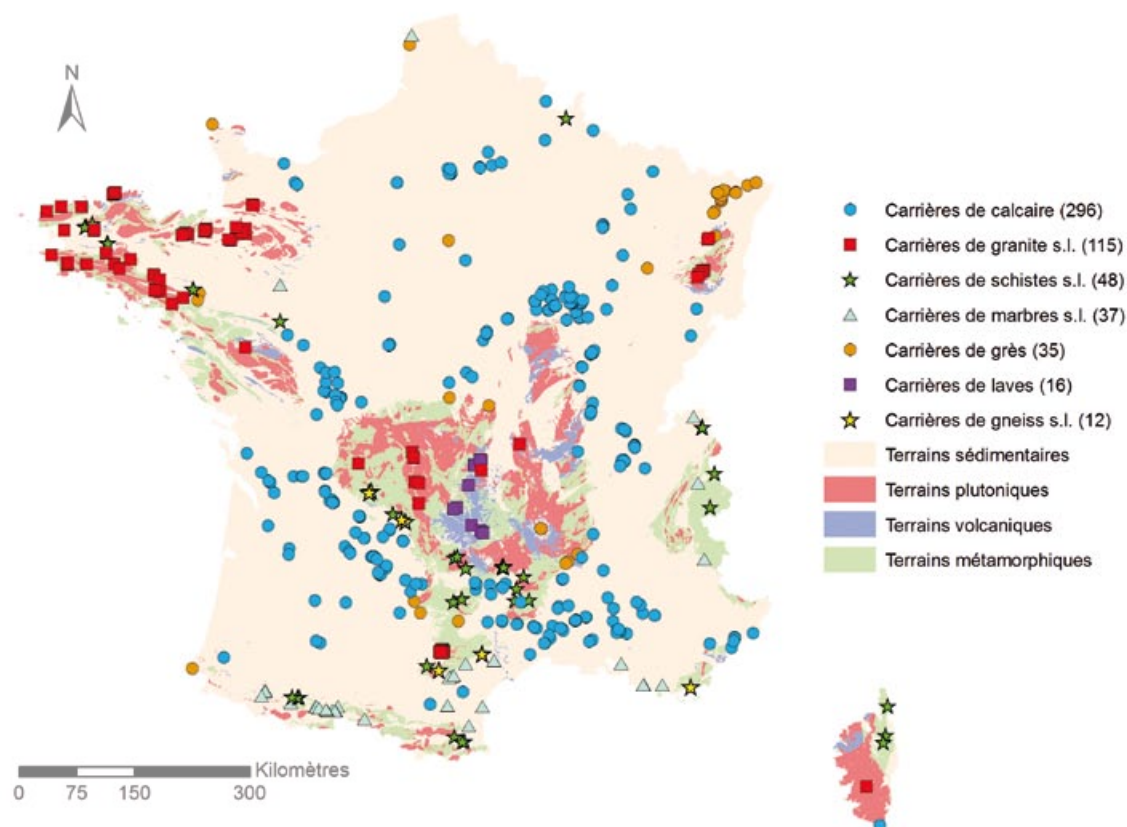


Figure 2 - Carte géologique simplifiée de la France par nature géologique de terrain tirée du « Mémento sur l'industrie française des roches ornementales et de construction » d'octobre 2014

Principales régions calcaires :

- Bassin parisien
- Bourgogne
- Charentes
- Provence

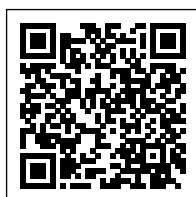
Principales régions granitiques :

- Bretagne
- Massif central
- Tarn
- Vosges

Principale région gréseuse :

- Vosges

Une base de données (Lithoscope) des pierres naturelles françaises ainsi qu'un mémento sur l'industrie française des roches ornementales & de construction sont accessibles sur le site du CTMNC.



LITHOSCOPE
<http://goo.gl/QkGOA9>
 Flashez ce code à l'aide de votre smartphone



MÉMENTO
<http://goo.gl/OQOjgC>
 Flashez ce code à l'aide de votre smartphone

* Méthodologie décrite dans la thèse de doctorat de Claudine Malfilatre : « Mise au point d'une méthodologie analytique d'identification des pierres naturelles de construction » (2012).

3.3 LES ATOUS DE LA PIERRE NATURELLE

La pierre naturelle possède de nombreux atouts qui font d'elle un matériau de construction et de décoration polyvalent.

D'un point de vue esthétique, la pierre naturelle possède une palette de couleurs très étendue entre le blanc et le noir en passant par le vert, le rose, le beige, le gris, etc. La taille des grains plus ou moins fins ainsi que des textures originales font que chaque pierre est unique. En plus de son aspect, la pierre naturelle permet la réalisation d'éléments de construction de toutes formes grâce aux progrès dans le domaine de l'usinage.

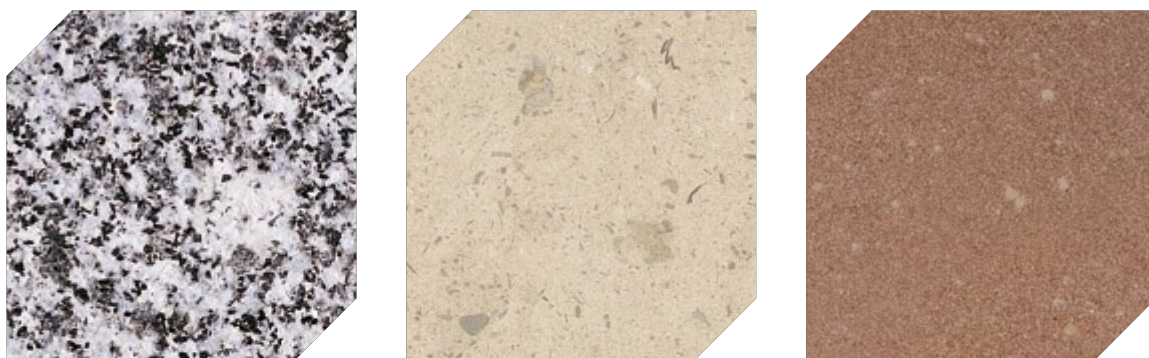
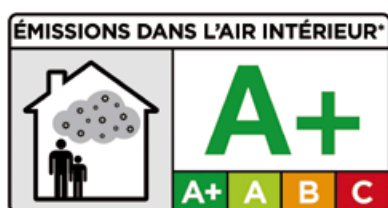


Figure 3 - Différents coloris de la pierre naturelle



D'un point de vue environnemental, la pierre est un **matériau de haute qualité** car c'est un matériau naturel, sans émission de COV (Composés Organiques Volatils). De l'eau claire et du savon neutre suffisent très souvent à son entretien. Elle est **durable** lorsque les prescriptions sur le choix, la mise en œuvre et l'entretien sont respectés. De plus, la pierre naturelle **peut être recyclée quasi indéfiniment** aussi bien dans son emploi initial comme pour un autre usage.

Depuis 2008, l'industrie française des roches ornementales et de construction a ainsi procédé à des Analyses de Cycles de Vie (ACV) et établi des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) d'un certain nombre de produits de construction en pierre naturelle (pierre massive, pierre de revêtement, etc.). Les indicateurs d'impacts environnementaux issus de ces déclarations peuvent ainsi alimenter les outils de Qualité Environnementale du Bâtiment ou de Voirie (QEB/QEV).

En plus de ces qualités esthétiques et environnementales, la pierre naturelle possède des caractéristiques physico-chimiques indéniables.

En effet, la structure de la pierre naturelle lui permet d'être incombustible (classée A1 à la réaction au feu), d'avoir un bon isolement acoustique, une bonne inertie thermique, ainsi qu'une bonne régulation hygrothermique ; ces caractéristiques augmentant le confort intérieur des bâtiments. D'un point de vue mécanique, la pierre naturelle possède des résistances à la compression qui peuvent atteindre près de 300 MPa et des résistances à la flexion de plus de 20 MPa.

Toutes ces caractéristiques font que la pierre naturelle peut être utilisée notamment dans les domaines suivants :

- bâtiment (construction en pierre massive, revêtements minces de sols ou de murs) ;
- voirie, mobilier urbain ;
- décoration ;
- funéraire.

3.4 LES ORDRES DE GRANDEURS DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Le tableau ci-dessous présente les principaux ordres de grandeur pour les essais les plus courants.

	Masse volumique (kg/m ³)	Porosité (%)	Flexion (MPa)	Compression (MPa)
Calcaire	1300 - 2700	0,3 - 48	2 - 17	5 - 275
Granite	2400 - 3000	0,1 - 2	8 - 25	150 - 225
Grès	1900 - 2700	0,4 - 25	3 - 14	30 - 250
Marbre	2600 - 2900	0,1 - 2	8 - 22	80 - 210

Les valeurs du tableau ci-dessus sont données à titre indicatif. Pour chaque affaire, seuls les résultats d'essais à jour sont à prendre en considération.

Les pierres naturelles sont classées en trois catégories selon leur résistance à la compression (Rc) :

Les pierres tendres	Les pierres fermes	Les pierres dures
Rc ≤ 10 MPa (utilisées principalement en maçonnerie et ouvrages de taille).	10 < Rc ≤ 40 MPa (utilisées principalement en revêtements de façades).	Rc > 40 MPa (utilisées principalement en revêtements de sols).

⚠ Il est important de rappeler qu'il n'y a pas de lien direct entre la porosité ouverte d'une pierre et sa gélivité. En effet, une pierre poreuse n'est pas obligatoirement sensible au gel et une pierre dure et compacte peut l'être. Seul un essai de gélivité directe selon la NF EN 12371 peut déterminer la résistance au gel d'une pierre.

Définitions des caractéristiques

La masse volumique apparente : elle reflète le degré de compacité du matériau et permet d'évaluer la masse pour un volume donné.

La porosité ouverte : elle est déterminée par la proportion de vides (pores) dans la pierre, reliés entre eux et donc accessibles à l'eau.

La résistance à la flexion : elle permet de déterminer le niveau de sollicitation admissible en flexion pour une pierre dans un ouvrage, compte tenu de coefficients de sécurité adaptés (caractéristique indispensable pour le dimensionnement des revêtements en pierre attachée et des revêtements de sols notamment).

La résistance à la compression : elle permet de déterminer le niveau de sollicitation admissible en compression pour une pierre dans un ouvrage, compte tenu de coefficients de sécurité adaptés (caractéristique indispensable pour les applications structurelles).

3.5 LES PRINCIPALES FINITIONS DE LA PIERRE NATURELLE

Pour obtenir un produit fini, le bloc brut de pierre naturelle extrait de la carrière subit diverses opérations de transformations. Ces opérations font appel à des technologies automatisées (châssis, débiteuses, polissoirs, flammeuses, etc.) ou manuelles (tailleurs de pierre).

Les principales finitions mécaniques de surface sont :

FINITION	DESCRIPTION	TYPE DE PIERRE
Scié ou brut de sciage	Le sciage est une finition mécanique laissant des traces sous formes de petites vagues ou irrégularités de quelques dixièmes de millimètres de profondeur. Ces traces sont liées aux outils de sciage (lame, disque, fil diamanté, etc.). Cette finition est souvent utilisée pour les revêtements de sols extérieurs.	Principalement les pierres dures
Egrisé ou égrésé	La finition égrisé (ou égrésé) est une finition mécanique exécutée à sec à l'aide de meules abrasives. La surface égrisée est plane, sans traces de scie, avec de fins traits résiduels du passage des meules. Cette finition a pour but d'éliminer les traces de sciage et est principalement utilisée pour les revêtements de façade ou de sol.	Tous types de pierre
Vieilli ou antique	Les dalles sont égrisées puis tambourinées afin de leur donner une patine naturelle. Cette finition est essentiellement utilisée pour les revêtements de sols.	Principalement les pierres dures
Adouci	L'adouçissage est une finition mécanique à l'eau réalisée grâce à une série de têtes de polissage. La finition adoucie produit de très légers reflets. La surface est alors unie, mate et sans traces de rayure. Cette finition est principalement utilisée pour les revêtements muraux ou de sols intérieurs.	Principalement les pierres dures et les pierres fermes
Poli	Le polissage est une finition mécanique réalisée avec des abrasifs ayant des grains plus fins que pour l'adouçissage. Seules les pierres dures peuvent être polies. Le polissage permet d'accentuer la teinte des pierres et donne un aspect brillant (miroir) à la surface. Cette finition est à privilégier pour les revêtements muraux ou les sols intérieurs, elle est à déconseiller pour les sols extérieurs car elle est glissante et peu durable.	Les pierres dures
Flammé	Le flammage est obtenu par passage d'un jet de flamme sur une sciée. Le choc thermique induit par le jet de flamme provoque l'éclatement des grains superficiels, ce qui engendre une rugosité de surface. Seules certaines pierres se flamment. Cette finition est principalement utilisée pour les revêtements de sols extérieurs pour limiter la glissance.	Granits, certains calcaires durs
Brossé	La finition brossé s'obtient par frottement de brosses plastiques et métalliques. Elle apporte un toucher doux à la pierre. Cette finition est essentiellement employée pour les revêtements minces.	Principalement les pierres dures

FINITION	DESCRIPTION	TYPE DE PIERRE
Flammé brossé	Après le flammage, plusieurs brosses rotatives montées sur un polissoir viennent user la pierre afin d'atténuer le relief brut pouvant être désagréable (terrasse de piscine par exemple). Cette finition est principalement utilisée pour les revêtements de sols extérieurs.	Granits, certains calcaires durs
Sablé	Le sablage est une finition qui fait ressortir le grain de la pierre et la rend ainsi moins glissante. Cette finition est principalement utilisée pour les revêtements de sols extérieurs.	Principalement les pierres dures
Grenaillé	Le grenaillage est obtenu par projection de billes d'acier inoxydable sur la pierre provoquant un éclatement superficiel de la pierre permettant d'obtenir une surface rugueuse. Cette finition est principalement utilisée pour limiter la glissance des revêtements de sols extérieurs.	Tous types de pierres
Bouchardé	Le bouchardage d'une pierre se fait à l'aide d'un marteau à boucharder (manuel) ou d'un marteau hydraulique pourvu d'une tête à boucharder (mécanique). Cette opération élimine toute trace de finition antérieure. L'aspect de la surface (succession de creux et de bosses) varie selon le nombre de points et leur espacement sur le marteau. Cette finition est principalement utilisée pour limiter la glissance des revêtements de sols extérieurs.	Pierres fermes et dures essentiellement
Clivé ou éclaté	Le clivage peut être mécanique ou manuel. Le clivage mécanique grâce à une cliveuse (presse hydraulique munie d'une lame) qui sépare en deux les éléments de pierre. Le clivage manuel s'effectue pour ouvrir un lit naturel. Il révèle l'aspect brut de la pierre avec une surface présentant de gros éclats, avec des bosses et des creux de formes diverses, répartis irrégulièrement. Cette finition est principalement utilisée pour les éléments de voirie ou les moellons à maçonner.	Pierres fermes et dures essentiellement
Bossagé	La finition bossagé est obtenue en frappant fortement la face de la pierre de façon à conserver un éclat important tout en gardant la face centrale en saillie par rapport aux arêtes. Cette finition est utilisée essentiellement pour les éléments de maçonnerie.	Pierres dures principalement
Broché ou layé	La finition broché ou layé consiste à réaliser de longues rainures grossièrement parallèles. Cette finition est essentiellement employée pour des revêtements de sols.	Granits, certains calcaires durs

D'autres types de finitions existent comme la finition satiné, meulé, ciselé, piqueté, etc.

3.6 LES TRAITEMENTS DE LA PIERRE NATURELLE

Il est parfois nécessaire d'utiliser des traitements chimiques complémentaires comme les hydrofuges. Quelques hydrofuges peuvent également avoir des propriétés oléofuges pour certains corps gras.

Dans le domaine du traitement de la pierre naturelle, les hydrofuges de surface sont des produits incolores qui imperméabilisent les matériaux poreux sans en modifier sensiblement l'aspect et qui laissent passer la vapeur d'eau permettant ainsi le séchage de la pierre. Cette définition exclut les produits filmogènes comme les enduits, les vernis ou les peintures.

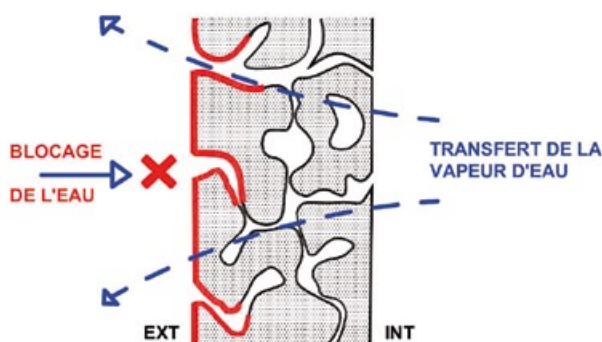


Figure 4 - Hydrofuge non-filmogène

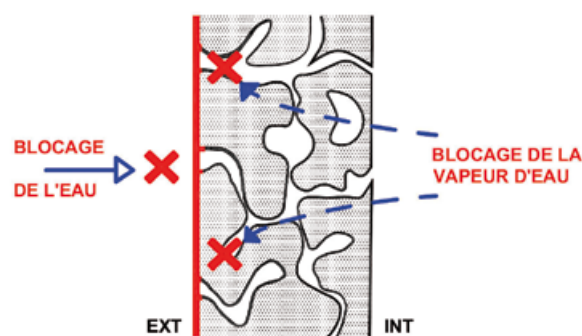


Figure 5 - Traitement filmogène

En plus de leur durabilité, parfois plus de 10 ans, les hydrofuges peuvent améliorer sensiblement le comportement de la pierre naturelle face aux intempéries et présentent de nombreux avantages en construction neuve :

- la réduction des pénétrations d'eau dues aux pluies battantes en façades et pignons et les différents problèmes qui en découlent, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments ;
- la réduction des encrassements et un entretien facilité des façades.

Les principales formulations utilisées actuellement sont les suivantes :

Les silanes (silicones monomères)	Molécules organo-siliciques qui, par hydrolyse et polymérisation, forment un polymère silicone hydrofugeant la pierre.
Les siloxanes (silicones oligomères)	Molécules faiblement polymérisées qui génèrent par réaction chimique une résine silicone. Ils constituent 90% des produits appliqués actuellement.
Les résines silicones	Matériaux déjà polymérisés. Leur action résulte du dépôt de molécules à groupements hydrophobes organiques après évaporation du solvant.
Les copolymères fluorés	Ils sont utilisés pour l'imperméabilisation des matériaux. Ils présentent un effet hydrophobe et oléophobe.

A ces produits chimiques, il faut ajouter des produits naturels qui sont également efficaces pour un sol intérieur tels que l'huile de lin. Cette huile naturelle, combinée ou non à de l'essence de térébenthine, a l'avantage de nourrir la pierre en plus de la protéger de l'humidité et des corps gras. Deux applications par an sont nécessaires pour une efficacité optimale.

L'utilisation des hydrofuges doit se faire dans de bonnes conditions, sinon des désordres majeurs peuvent survenir. Par exemple, un dallage extérieur flammé non hydrofugé ne sera pas glissant alors que le même dallage hydrofugé peut perdre ses propriétés d'adhérence et devenir glissant.

L'application d'un hydrofuge doit se faire selon les préconisations du fabricant. Par exemple, l'eau contenue dans une pierre trop humide peut être bloquée par l'hydrofuge entraînant des désordres sous l'effet du gel ou de la cristallisation des sels.



#4
**LES RÉFÉRENTIELS
TECHNIQUES
ET NORMATIFS**

► 4. LES RÉFÉRENTIELS TECHNIQUES ET NORMATIFS

Les principales exigences techniques applicables aux produits de construction en pierre naturelle sont accessibles sur www.ctmnc.fr

NORMES PRODUITS ET DE SPÉCIFICATIONS		
Produits de carrières - Pierres naturelles Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles	NF B 10-601	Mars 2014
Caractéristiques générales des ardoises	NF P 32-201	Mai 1993
Chemineements - Insertion des handicapés - Éveil de vigilance - Caractéristiques, essais et règles d'implantation des dispositifs podo tactiles au sol d'éveil de vigilance à l'usage des personnes aveugles ou malvoyantes	NF P 98-351	Août 2010
Chemineements - Bandes de guidage tactile au sol, à l'usage des personnes aveugles et malvoyantes ou des personnes ayant des difficultés d'orientation	NF P 98-352	Novembre 2015
Mobilier Urbain d'Ambiance et de Propreté - Mobiliers d'assise - Caractéristiques de robustesse et de stabilité des mobiliers d'assise	NF P 99-610	Décembre 2014
Spécifications pour éléments de maçonnerie - Partie 6 : éléments de maçonnerie en pierre naturelle	NF EN 771-6+A1	Août 2011 et Octobre 2015
Exigences et méthodes d'essai - dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur	NF EN 1341	Février 2013
Exigences et méthodes d'essai - pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur	NF EN 1342	Février 2013
Exigences et méthodes d'essai - bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur	NF EN 1343	Février 2013
Produits en pierre naturelle - revêtement mural - exigences	NF EN 1469	Avril 2015
Produits en pierre naturelle - plaquettes modulaires - exigences	NF EN 12057	Avril 2015
Produits en pierre naturelle - dalles de revêtement de sols et d'escaliers - exigences	NF EN 12058	Avril 2015
Produits en pierre naturelle - pierre de taille - exigences	NF EN 12059+A1	Février 2012
Ardoises et éléments en pierre pour toiture et bardage pour pose en discontinu - Partie 1 : spécifications du produit	NF EN 12326-1	Octobre 2014

NORMES DE MISE EN ŒUVRE		
Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée	NF EN 1996-1-1+A1	Mars 2013
Eurocode 6 - Application sur le territoire français de la norme NF EN 1996-1-1	NF EN 1996-1-1/NA	Décembre 2009
Chaussées urbaines - mise en œuvre des produits modulaires (pavés et dalles) pour revêtements de voirie et espaces publics	NF P 98-335	Mai 2007
Travaux de bâtiment - ouvrages en maçonnerie de petits éléments - parois et murs	NF DTU 20.1+A1	Octobre 2008 et juillet 2012
Travaux de bâtiment - marchés privés - couverture en ardoise	NF DTU 40.11	Mai 1993
Travaux de bâtiment - revêtement de sols scellés	NF DTU 52.1	Novembre 2010
Travaux de bâtiment - pose collée des revêtements céramiques et assimilés - pierre naturelle	NF DTU 52.2+A1	Décembre 2009 et octobre 2014
Travaux de bâtiment - revêtements muraux attachés en pierre mince	NF DTU 55.2	Décembre 2014

RÈGLEMENTATION

Hygiène et santé	Décret n° 2011-321 du 23/03/2011 - Arrêté du 19/04/2011
Incendie	Arrêté modifié du 31/01/1986 - habitation - Arrêté modifié du 25/06/1980 - ERP
Sismique	Eurocode 8 - Arrêté modifié du 22/10/2010
Thermique	Arrêté du 26/10/2010 - Règles Th-U
Acoustique	Arrêté du 30/06/1999 - Habitation - Arrêté du 25/04/2003 - Enseignement, santé, hôtel
Accessibilité	Arrêté du 15/01/2007
Marquage CE	Règlement (UE) n° 305/2011 du parlement européen et du conseil

AUTRES DOCUMENTS

Le guide du marquage CE pour la pierre naturelle*
Manuel de sensibilisation à la restauration de la maçonnerie
Ouvrages de maçonnerie (Monuments Historiques - Ministère de la culture et de la communication - Direction de l'architecture et du patrimoine)
Ouvrages en pierre de taille (Monuments Historiques - Ministère de la culture et de la communication - Direction de l'architecture et du patrimoine)
Guide RAGE : murs doubles avec isolation thermique par l'extérieur
Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti
Guide sismique pierre attachée - revêtements muraux attachés en pierre mince - règles pour la conception et la mise en œuvre en zones sismiques*
CPT 3526 - Pose collée de revêtements céramiques - pierres naturelles - en travaux neufs dans les locaux P4 et P4S
CPT 3530 - Pose collée de revêtements céramiques - pierres naturelles - en rénovation de sols intérieurs dans les locaux P4 et P4S
CPT 3744 - Approche probabiliste pour le dimensionnement des revêtements muraux attachés en pierre mince
Revêtements de sol - Notice sur le classement UPEC et classement UPEC des locaux**
Pierres naturelles : conception et réalisation de voiries et d'espaces publics
Fascicule 29 (CCTG) - Travaux de construction - Entretien des voies, places et espaces publics pavés et dalles
Fascicule 31 (CCTG) - Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton
Règles professionnelles relatives à la pose des monuments funéraires et cinéraires en pierre naturelle*
Composition d'un monument funéraire - terminologie générale*
Votre site cinéraire en pierre naturelle - choisir, concevoir et réaliser votre site cinéraire*
Annexe technique au guide cinéraire*

* Document téléchargeable sur le site du CTMNC (www.ctmnc.fr).

** La pierre naturelle n'est pas classée UPEC mais peut satisfaire les exigences d'un classement U4P4 si les prescriptions de la NF B 10-601 et des NF DTU de revêtements de sols sont respectés.



#5

L'UTILISATION DE LA PIERRE DANS LES OUVRAGES

5.1 LA CONSTRUCTION EN PIERRE MASSIVE

Un ouvrage est considéré en pierre massive dans le cas où les éléments utilisés ont une épaisseur supérieure à **80 mm**.

Pour le gros œuvre, conformément au NF DTU 20.1, les éléments de maçonnerie en pierre, doivent avoir une épaisseur d'au moins 20 cm. Cette épaisseur est nécessaire pour éviter la pénétration d'eau par capillarité et, dans certains cas, reprendre les charges en compression.

La pierre massive d'épaisseur comprise entre 80 et 100 mm est uniquement employée en parement, pour les murs doubles (voir § 5.1.2).

5.1.1 LE GROS ŒUVRE EN PIERRE MASSIVE

La construction de gros œuvre en pierre massive présente un aspect esthétique et un confort de vie appréciable notamment grâce à une bonne inertie thermique et une isolation phonique naturelle. Les pierres tendres du Bassin Parisien, de Provence ou des Charentes, par exemple, sont très bien adaptées à ces ouvrages.

Principales références techniques :

- NF EN 1996-1-1+A1 : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée
- NF EN 1998-1+A1 : Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments
- NF EN 771-6 : Spécifications pour éléments de maçonnerie - Partie 6 : éléments de maçonnerie en pierre naturelle
- NF DTU 20.1 : Travaux de bâtiment - ouvrages en maçonnerie de petits éléments - parois et murs

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) ;
- La zone sismique et la catégorie d'importance du bâtiment (données par la réglementation) ;
- La géométrie du bâtiment ;
- Les charges à reprendre ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Prescriptions sur les joints :

Jointes courants	Jointes de dilatation
<ul style="list-style-type: none">- Jointes épais en mortier courant : $8 \text{ mm} \leq e \leq 30 \text{ mm}$- Jointes minces en mortier de joints minces : $e \leq 3 \text{ mm}$	<ul style="list-style-type: none">- Maçonnerie porteuse et de remplissage : La distance entre joints verticaux doit être entre 20 m et 35 m selon la région.

Les éléments des ouvrages de gros œuvre en pierre naturelle peuvent être des moellons (pierres de petites dimensions, brutes, ébauchées ou équarries) ou des pierres de taille (pierres dont toutes les faces sont taillées pour obtenir des plans plus ou moins réguliers) hourdés au plâtre, au mortier de ciment ou de chaux ou bien montés au mortier de joint mince pour les éléments en pierre de taille.

Pour une construction avec des moellons, les joints doivent avoir une épaisseur comprise entre 10 et 30 mm. Pour un ouvrage en pierre de taille, les joints doivent avoir une épaisseur comprise entre 8 et 30 mm alors que pour les éléments montés à joints minces, l'épaisseur des joints doit au moins être égale à 1 mm sans excéder 6 mm.

Pour la réalisation de construction en zone sismique, des chaînages verticaux et horizontaux sont à prévoir.

Dans le cadre de travaux de pierre relatifs à la restauration des monuments historiques, il est possible de compléter les textes en vigueur par les documents suivants sous réserve de la validité des références mentionnées :

- Manuel de sensibilisation à la restauration de la maçonnerie
<http://goo.gl/hQuyKD>
- Ouvrages de maçonnerie
<http://goo.gl/5YD90w>
- Ouvrages en pierre de taille
<http://goo.gl/GXnJag>

Figure 6 - Chai réalisé en pierre massive



5.1.2 LA PIERRE MASSIVE DE PAREMENT (MUR DOUBLE)

Un mur double est constitué de deux parois, l'une intérieure, porteuse, en maçonnerie ou en béton banché, l'autre extérieure en éléments maçonnés de pierre naturelle apparents. Un vide d'air sépare les deux parois, dans lequel peut être interposé un isolant thermique permettant ainsi de diminuer les ponts thermiques.

Le parement en pierre, d'épaisseur entre 80 et 100 mm, permet de donner un aspect semblable à celui d'une construction en pierre de taille.

Principales références techniques :

- NF EN 1996-1-1+A1 : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée
- Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti
- Guide RAGE : Murs doubles avec isolation thermique par l'extérieur
- NF EN 771-6 : Spécifications pour éléments de maçonnerie - Partie 6 : éléments de maçonnerie en pierre naturelle
- NF DTU 20.1 : Travaux de bâtiment - ouvrages en maçonnerie de petits éléments - parois et murs

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) ;
- La zone sismique et la catégorie d'importance du bâtiment (données par la réglementation) ;
- La géométrie du bâtiment (notamment les hauteurs d'étage) ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Prescriptions sur les joints :

Jointes courants	Jointes de dilatation
- Jointes épais en mortier courant : $8 \text{ mm} \leq e \leq 30 \text{ mm}$	- Jointes vides ou remplis avec un mastic souple : $10 \text{ mm} \leq e \leq 30 \text{ mm}$ - Distance entre jointes verticales inférieure à 20 m

La paroi extérieure est en en pierre de taille (élément dont toutes les faces sont taillées pour obtenir des plans les plus réguliers possibles) hourdée au mortier traditionnel.

L'épaisseur des jointes doit être comprise entre 8 et 30 mm.

Il convient de respecter, en situation sismique, une densité minimale forfaitaire de 7 attaches par mètre carré. Pour les murs les plus lourds, le nombre d'attaches peut être augmenté de telle façon que la charge reprise par une attache lors de la sollicitation sismique de calcul n'excède pas 40 kg.

Figure 7 - Réalisation d'un mur double maçonné (épaisseur > 80 mm)



5.2 LES REVÊTEMENTS MURAUX EN PIERRE ATTACHÉE

Les revêtements muraux en pierre attachée sont composés de plaques d'épaisseur inférieure à 80 mm chacune fixée à un mur support, dont la stabilité est assurée par ailleurs.

On distingue différents types de revêtements muraux attachés :

- les revêtements attachés par agrafes métalliques et polochons (la mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur n'est pas compatible avec l'emploi des polochons) ;
- les revêtements fixés par attaches métalliques sans polochons ;
- les revêtements fixés sur une ossature intermédiaire.

Principales références techniques :

- NF EN 1469 : Produits en pierre naturelle - Revêtement mural - Exigences
- NF DTU 55.2 : Travaux de bâtiment - Revêtements muraux attachés en pierre mince
- Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti
- Revêtements muraux attachés en pierre mince - Règles pour la conception et la mise en œuvre en zones sismiques

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) ;
- La zone sismique et la catégorie d'importance du bâtiment (données par la réglementation) ;
- La géométrie du bâtiment ;
- Les efforts à reprendre ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Prescriptions sur les joints :

Jointes courants	Jointes de fractionnement
<ul style="list-style-type: none">- Mise en œuvre avec polochons : $5 \text{ mm} \leq e \leq 10 \text{ mm}$- Mise en œuvre avec attaches : $6 \text{ mm} \leq e \leq 15 \text{ mm}$	<ul style="list-style-type: none">- Mise en œuvre avec polochons ou avec attaches si les joints courants sont remplis avec du mortier :<ul style="list-style-type: none">• Joint verticaux (remplis avec du mastic souple) : $e \geq 8 \text{ mm}$• Joint horizontaux (remplis avec du mastic souple) : $e \geq 10 \text{ mm}$- Espacement des joints de fractionnement :<ul style="list-style-type: none">• Joints verticaux : tous les 8 m environ• Joints horizontaux : tous les 3 m en extérieur et tous les 6 m en intérieur

Pour une utilisation en partie courante, des essais de résistance aux attaches doivent être réalisés sur la pierre. Des essais de gélivité sont à prévoir pour les parties exposées. Les marbres cristallins (métamorphiques) doivent justifier de leur résistance à la décohésion granulaire par un essai de résistance aux cycles thermiques et d'humidité. La pose de pierres schisteuses se débitant en feuillets n'est pas autorisée avec cette technique utilisant des ergots dans les chants.

- Le nombre d'attache par plaque doit être de 4 ;
- La surface maximale d'une plaque est de 1 m^2 ;
- La plus grande dimension d'une plaque ne doit pas être supérieure à 1,40 m ;
- La résistance moyenne aux attaches doit être au moins de 200 N en intérieur et de 300 N en extérieur. Cette résistance moyenne doit être suffisamment élevée afin de permettre de reprendre les sollicitations telles que les effets du vent, les chocs, etc.
- En zone sismique, les attaches métalliques doivent être positionnées dans les joints horizontaux ; la fixation par agrafes et polochons n'est pas admise. Des justifications sont à fournir notamment sur les attaches et leur liaison avec la pierre.



Figure 8
Façade revêtue
en pierre attachée

5.3 LES REVÊTEMENTS MURAUX COLLÉS

Les revêtements muraux collés sont composés d'éléments en pierre naturelle d'épaisseur comprise entre 10 et 20 mm selon leur masse volumique, fixés au support par un produit de collage.

Principales références techniques :

- NF EN 1469 : Produits en pierre naturelle - Revêtement mural - Exigences
- NF EN 12057 : Produits en pierre naturelle - Plaquettes modulaires - Exigences
- NF DTU 52.2 : Travaux de bâtiment - Pose collée des revêtements céramiques et assimilés - Pierre naturelle

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) ;
- La géométrie du bâtiment ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Prescriptions sur les joints :

Joints courants	Joints de fractionnement
<p>⚠ La pose à joints nuls est interdite.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En intérieur : $e \geq 2 \text{ mm}$ - En extérieur : $e \geq 4 \text{ mm}$ 	<p>Des joints de fractionnement doivent être ménagés tous les 60 m² maximum.</p>

- Des essais de détermination de la masse volumique et de la porosité ouverte sont à réaliser ;
- Selon l'emploi prévu, des essais de détermination de la sensibilité au tachage accidentel peuvent être demandés ;
- La compatibilité de la pierre avec le mortier-colle doit être vérifiée ;
- Pour une mise en œuvre en extérieur, des essais de gélivité sont nécessaires ;
- Pour les marbres cristallins mis en œuvre en extérieur, un essai de résistance aux cycles thermiques et d'humidité est à réaliser pour justifier la tenue à la décohésion granulaire ;
- La masse surfacique du revêtement ne doit pas excéder 40 kg/m² pour une pose au mortier-colle. En zone sismique, cette masse surfacique est limitée à 25 kg/m² ;
- La surface maximale d'un élément de revêtement est de 3600 cm² ;
- Pour les revêtements extérieurs, les prescriptions sont :



Figure 9 - Revêtement mural en plaquettes collées

	Surface d'un élément	H ≤ 6 m	H ≤ 28 m
Porosité ouverte > 2 %	$S \leq 2000 \text{ cm}^2$	Admis avec mortier-colle de façade adapté	
	$2000 \text{ cm}^2 < S \leq 3600 \text{ cm}^2$	Admis avec mortier-colle de façade adapté	Non admis
Porosité ouverte ≤ 2 %	$S \leq 2000 \text{ cm}^2$	Admis avec mortier-colle de façade adapté	

5.4 LES REVÊTEMENTS DE SOL SCELLÉS

Les revêtements de sols scellés sont posés à l'aide d'un mortier de scellement. La pose en intérieur est désolidarisée par interposition d'un film polyéthylène entre le support et le mortier de pose. En extérieur, la couche de désolidarisation doit également avoir une fonction drainante.

Principales références techniques :

- NF EN 12057 : Produits en pierre naturelle - Plaquettes modulaires - Exigences
- NF EN 12058 : Produits en pierre naturelle - Dalles de revêtement de sols et d'escaliers - Exigences
- NF DTU 52.1 : Travaux de bâtiment - Revêtements de sols scellés

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) pour les revêtements extérieurs ;
- La géométrie du sol à revêtir ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Prescriptions sur les joints :

Joints courants	Joints de fractionnement
<p>⚠ La pose à joints nuls est interdite.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En intérieur : $e \geq 2 \text{ mm}$ - En extérieur : <ul style="list-style-type: none"> • Si $S \leq 120 \text{ cm}^2$: $e \geq 2 \text{ mm}$ • Si $S > 120 \text{ cm}^2$: $e \geq 5 \text{ mm}$ 	<p>Des joints souples de fractionnement d'au moins 5 mm de large doivent être ménagés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - En intérieur : tous les 40 m^2 maximum - En extérieur : tous les 20 m^2 maximum <p>Des joints périphériques d'au moins 5 mm doivent être réservés entre le revêtement et les parois verticales.</p>



Figure 10 - Revêtement de sol scellé

Pour les sols et les escaliers, des essais d'abrasion, de flexion, de porosité ouverte et de glissance sont nécessaires. Des essais de gélivité sont à réaliser pour une mise en œuvre en extérieur.

- Selon l'usage du local, l'abrasion doit être la suivante :
 - $\leq 42 \text{ mm}$ en usage individuel ;
 - $\leq 32 \text{ mm}$ en usage collectif modéré ;
 - $\leq 22 \text{ mm}$ en usage collectif intense.
- Pour les sols extérieurs, la résistance à la glissance doit être supérieure à 35 ;
- Comme pour le support, une pente est à respecter :
 - 1% dans les locaux intérieurs avec dispositif d'évacuation ;
 - 1,5% en extérieur.

La plus grande dimension d'une dalle ne peut excéder 90 cm et la surface maximale de chaque élément est de 6400 cm^2 en extérieur et 8100 cm^2 en intérieur. Le dimensionnement de ces dalles doit être vérifié selon la résistance moyenne en flexion.

5.5 LES REVÊTEMENTS DE SOL COLLÉS

Les revêtements de sols composés d'éléments en pierre naturelle fixés au support par un produit de collage.

Principales références techniques :

- NF EN 12057 : Produits en pierre naturelle - Plaquettes modulaires - Exigences
- NF EN 12058 : Produits en pierre naturelle - Dalles de revêtement de sols et d'escaliers - Exigences
- NF DTU 52.2 : Travaux de bâtiment - Pose collée des revêtements céramiques et assimilés - Pierre naturelle

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) pour les revêtements extérieurs ;
- La géométrie du sol à revêtir ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Prescriptions sur les joints :

Joint courants	Joint de fractionnement
<p>⚠ La pose à joints nuls est interdite.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En intérieur : $e \geq 2$ mm - En extérieur : $e \geq 5$ mm 	<p>Des joints de fractionnement d'au moins 5 mm de large doivent être ménagés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - En intérieur : tous les 40 m² maximum - En extérieur : tous les 20 m² maximum <p>Des joints périphériques doivent être réservés entre le revêtement et les parois verticales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $e \geq 5$ mm pour une mise en œuvre sur plancher chauffant - $e \geq 3$ mm dans les autres cas

Des essais d'abrasion, de flexion et de glissance sont nécessaires. Des essais de gélivité sont à réaliser pour une mise en œuvre en extérieur.

- La compatibilité de la pierre avec le mortier-colle doit être vérifiée ;
- Selon l'usage du local, l'abrasion doit être la suivante :
 - ≤ 42 mm en usage individuel ;
 - ≤ 32 mm en usage collectif modéré ;
 - ≤ 22 mm en usage collectif intense.
- Pour les sols extérieurs, la résistance à la glissance doit être supérieure à 35 ;
- Tout comme pour le support, une pente est à respecter :
 - 1% dans les locaux intérieurs avec dispositif d'évacuation ;
 - 1,5% en extérieur.

La plus grande dimension d'une dalle ne peut excéder 80 cm en intérieur pour une épaisseur comprise entre 7 et 40 mm et 60 cm en extérieur pour une épaisseur comprise entre 10 et 40 mm. La surface maximale de chaque élément est de 3600 cm². Le dimensionnement de ces dalles doit être vérifié selon la résistance moyenne en flexion.

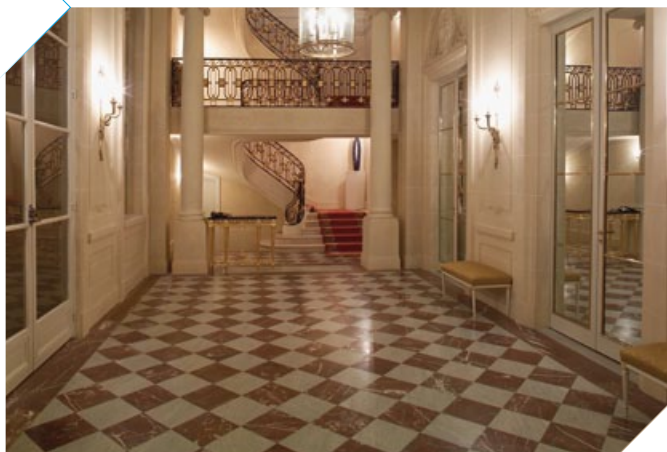


Figure 11 - Revêtement de sol intérieur collé

5.6 LES REVÊTEMENTS DE SOL DE VOIRIE

Les revêtements de sol de voirie sont destinés aux espaces affectés ou non à la circulation ou au stationnement, physiquement accessibles aux véhicules.

Principales références techniques :

- NF EN 1341 : Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d'essais
- NF EN 1342 : Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d'essais
- NF EN 1343 : Bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d'essais
- NF P 98-335 : Chaussées urbaines - Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle
- NF P 98-351 : Cheminements - Insertion des handicapés - Éveil de vigilance - Caractéristiques, essais et règles d'implantation des dispositifs podotactiles au sol d'éveil de vigilance à l'usage des personnes aveugles ou malvoyantes
- NF P 98-352 : Cheminements - Bandes de guidage tactile au sol, à l'usage des personnes aveugles et malvoyantes ou des personnes ayant des difficultés d'orientation
- Fascicule 29 (CCTG) - Travaux de construction - Entretien des voies, places et espaces publics pavés et dalles
- Fascicule 31 (CCTG) - Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) ;
- La géométrie du sol à revêtir ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre (Valeur Minimale Attendue de la résistance à la flexion notamment).

Prescriptions sur les joints :

Jointés courants	Jointés de fractionnement
<p>⚠ La pose à joints nuls est interdite.</p> <p>$E \geq 5 \text{ mm}$</p>	<p>Des joints de fractionnement sont à prévoir tous les 40 à 60 m².</p> <p>Leur largeur et leur nature dépendent de la dimension des éléments, du type d'assise, de la nature du lit de pose et des joints entre éléments, etc.</p>

Des essais d'abrasion, de flexion ou de compression, de glissance et de gélivité sont nécessaires.

- La résistance à l'abrasion doit être au maximum égale à 22 mm ;
- La résistance à la compression, pour les pavés, doit être d'au moins 60 MPa ;
- La résistance à la glissance doit être supérieure à 35.

Le dimensionnement des dalles doit se faire selon la Valeur Minimale Attendue de la résistance à la flexion conformément à l'Annexe D de la norme NF B 10-601. L'épaisseur minimale des dalles est de 4 cm.



Figure 12 - Revêtement de voirie

5.7 LE MOBILIER URBAIN ET D'ASSISE

Les mobiliers urbains et d'assise sont des ouvrages présents dans un espace public et solidaires du milieu support (grâce à son poids propre ou un système de fixation) permettant, ou non, de s'asseoir ou de se reposer.

Principale référence technique :

- NF P 99-610 : Mobilier Urbain d'Ambiance et de Propreté - Mobiliers d'assise - Caractéristiques de robustesse et de stabilité des mobiliers d'assise

Les points essentiels à vérifier :

- La zone climatique (donnée par la NF B 10-601) ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Des essais de charge statique, de choc et de stabilité (pour les mobiliers sans ancrage) doivent être réalisés. En plus, des essais de gélivité sont nécessaires dans le cas où le mobilier est exposé à l'eau de pluie, rejaillissement, etc.).

Les parties accessibles du mobilier urbain ne doivent pas présenter d'aspérités, de bavures et de parties coupantes. Un arrondi ou un chanfrein est alors réalisé au niveau des angles et arêtes de l'assise, du dossier et des accotoirs.

Les parties tubulaires, trous et espaces ou parties accessibles doivent être obturés sauf si :

- une sonde de 7 mm de diamètre ne peut pas y être insérée ;
- une sonde de 12 mm de diamètre peut y être insérée sans forcer.

Figure 13
Mobilier d'assise en pierre
naturelle



5.8 LES MONUMENTS FUNÉRAIRES

Les monuments funéraires et cinéraires sont des ouvrages destinés à perpétuer le souvenir et à matérialiser l'emplacement d'une sépulture.

Les monuments cinéraires sont destinés à recueillir les urnes cinéraires dans lesquelles sont déposées les cendres issues de la crémation. Ces monuments peuvent être destinés à des concessions individuelles (cavernes par exemple) ou à des columbariums qui sont des ouvrages composés d'un ensemble des cases fermées par une plaque à l'intérieur desquelles sont disposées les urnes cinéraires.

Principales références techniques (téléchargeables sur www.ctmnc.fr) :

- Votre site cinéraire en pierre naturelle - choisir, concevoir et réaliser votre site cinéraire
- Annexe technique au guide cinéraire
- Composition d'un monument funéraire - terminologie générale
- Règles professionnelles relatives à la pose des monuments funéraires et cinéraires en pierre naturelle

Les points essentiels à vérifier :

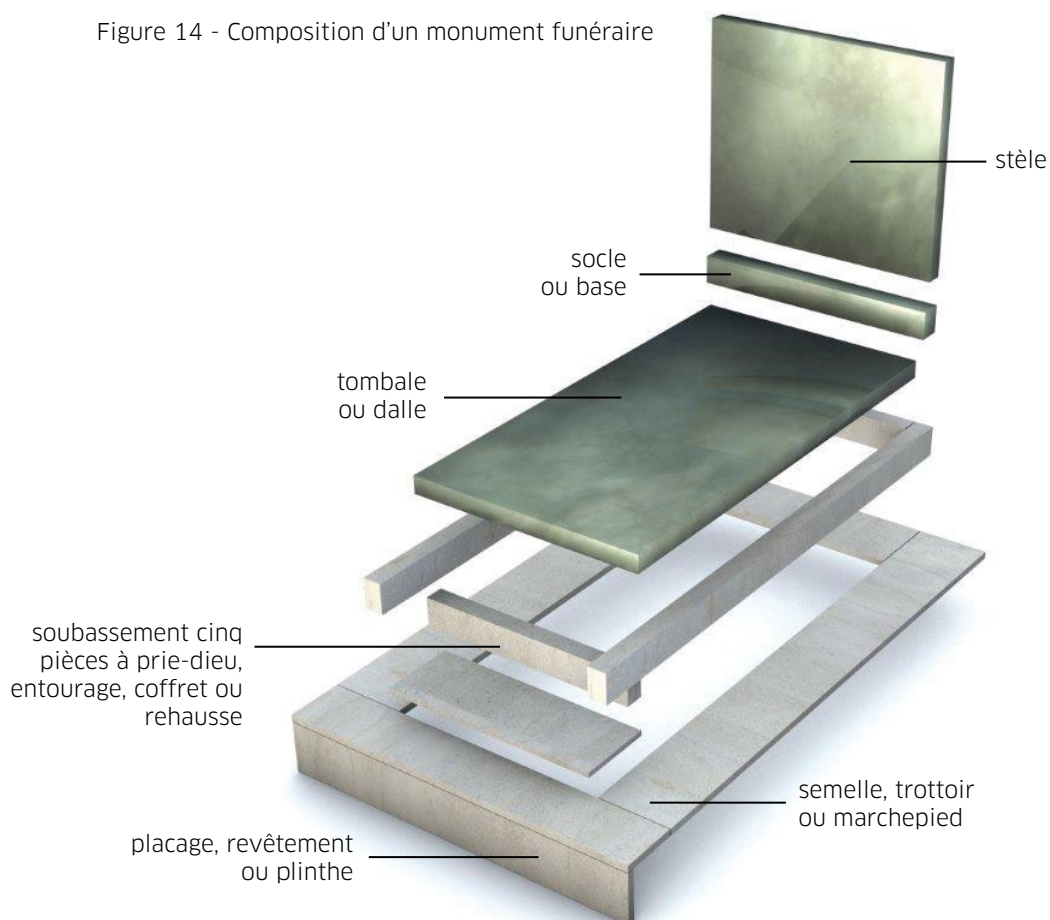
- La zone climatique ;
- Les contraintes esthétiques ;
- Les caractéristiques de la pierre.

Pour la réalisation d'un monument funéraire ou cinéraire, il est important de vérifier la résistance mécanique, la résistance aux intempéries ainsi que la facilité d'entretien.

Pour les monuments funéraires comme pour les monuments cinéraires, l'épaisseur de la stèle ainsi que celle de la dalle doivent être suffisamment importantes (80 mm minimum généralement) pour permettre le goujonage de la stèle sur la dalle.

Concernant les columbariums, leurs dimensionnements doivent être vérifiés pour que les urnes puissent rentrer dans les cases (4 urnes par case), que les portes puissent être fixées sur les montants et que l'ouvrage puisse reprendre les charges (poids propre, poids des urnes, vent, etc.).

Figure 14 - Composition d'un monument funéraire





#6

**LES PARAMÈTRES
INFLUANT SUR
LE COÛT DE LA
PIERRE
NATURELLE**

► 6. LES PARAMÈTRES INFLUANT SUR LE COÛT DE LA PIERRE NATURELLE

Tout d'abord, il faut noter que les produits en pierre naturelle n'ont pas de dimensions standards. Chaque réalisation est faite sur mesure. De plus, la diversité de la pierre naturelle et les différentes techniques de fabrication font qu'il n'y a pas de règle générale permettant d'établir un lien entre le format et le coût. Pour chaque pierre, chaque carrière et chaque banc géologique, les coûts varient en fonction de divers paramètres parmi lesquels il est possible de citer :

- l'homogénéité d'aspect de la pierre. Plus la fourniture est homogène en nuance et en couleur, plus son coût sera élevé ;
- la dureté de la pierre. Plus une pierre est dure, plus son prix sera important ;
- la rareté de la pierre. Plus une pierre est rare, plus elle sera chère ;
- le format des éléments (petits ou grands, simples ou complexes, etc.) ;
- la standardisation du format des éléments est une source d'économie. Le rôle du calepeneur est primordial à cette étape ;
- les tolérances sur les dimensions des éléments ;
- la finition choisie ;
- les modénatures ;
- le mode de mise en œuvre ;
- la distance des lieux de production au chantier.

A cette liste s'ajoutent des facteurs qui dépendent du producteur (rendement de la carrière, moyens techniques et humains, cadence de production, etc).

Chaque producteur a ses propres règles de calcul. Il est important de s'en rapprocher au moment de la conception pour optimiser la matière et obtenir le meilleur rapport prix/nombre d'éléments. Dans le cas où une optimisation de la matière est faite en collaboration avec le producteur et le calepeneur, la pierre naturelle devient alors concurrentielle des autres matériaux.

Par exemple, la réalisation d'un revêtement attaché en pierre naturelle ayant fait l'objet d'une optimisation de matière peut être au final moins cher qu'un bardage réalisé avec un matériau synthétique.

La pierre naturelle a le meilleur rapport « qualité/prix ».

A SAVOIR

Le calepeneur est un dessinateur spécialisé qui transforme les dessins d'architecte en plan d'exécution, les calepins d'appareil, qui détaillent à diverses échelles les cotes des pierres, et précisent leur forme et leur matière. Il exécute aussi les calepins de pose où figurent les marques d'appareil qui indiquent la position de chaque pierre dans l'édifice.

Son rôle est essentiel car il donne corps à la création de l'architecte tout en optimisant l'utilisation de la pierre : **il est une source incontournable d'économies !**

Le CTMNC remercie particulièrement
Vincent Arnou de l'Untec et
Philippe Durand d'Alphapierre
pour leur contribution active à cet ouvrage.

Le CTMNC publie ce Guide Pratique de la Pierre Naturelle dans l'objectif de constituer un document de référence pour les économistes de la construction.

Ce guide présente les différents types de pierres naturelles, leurs finitions, leurs traitements, leurs mises en œuvre, les points essentiels à vérifier et les principaux documents techniques auxquels se référer pour chaque mise en œuvre. Des images, croquis et tableaux permettent d'illustrer les différents chapitres de ce document.

Plus d'informations sur www.ctmnc.fr

Crédits photos :

Couverture : Centre culturel de la ville de Torcy (71)/Architecte AMD/Entreprise de la pierre ROCAMAT/Photo Cécile Intel
Fig. 1 : CTMNC & PRORoch - Fig. 2 : Rapport BRGM/RP-62417-FR / Fig. 3, 4, 5, 6, 13 & 14 : CTMNC / Fig. 7 : CTMNC & CBP
Fig. 8 & 12 : PIERRE ACTUAL
Fig. 9 : PIERRE ACTUAL & CUPA PIERRE / Fig. 10 : ALPHAPIERRE / Fig. 11 : CBP
Autres : Ets. SPADACCINI / CTMNC & Ets. RAUSCHER / Laurent Farges



Untec - 8 avenue Percier - 75008 Paris
Tel : 01.45.63.30.41 - E-mail : untec@untec.com
www.untec.com



Terre et Pierre
Expertise et Innovation

CTMNC - 17 rue Letellier - 75015 Paris
Tel : 01.44.37.50.00 - E-mail : ctmnc-roc@ctmnc.fr
www.ctmnc.fr