

# Conservation et restauration des rues et des places pavées dans les anciens quartiers urbains de la ville de Fribourg

Autor(en): **Zwick, Pierre / Chiaverini, Jessica**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles =  
Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **102 (2013)**

PDF erstellt am: **18.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-391954>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Conservation et restauration des rues et des places pavées dans les anciens quartiers urbains de la ville de Fribourg

PIERRE ZWICK\*) et JESSICA CHIAVERINI

\*) Ingénieur Conseil, Fribourg

## Résumé

*La restauration des monuments et des sites historiques protégés doit se faire si possible avec les mêmes matériaux qu'autrefois. La voirie urbaine ancienne présente des particularités qui lui viennent de l'évolution de l'usage de l'espace public au cours des siècles. La surface des chaussées et des places fut d'abord pavée avec des galets ramassés dans les rivières proches. Par la suite des carrières, parfois très éloignées, ont fourni des matériaux mieux adaptés, plus faciles à tailler. Pour conserver et restaurer les revêtements de sites de grande valeur, sans modifier leur caractère, il faut retrouver des pierres semblables aux anciennes. En vue des chantiers à venir en ville de Fribourg, une étude a été faite sur les galets qui pouvaient être récoltés dans le lit de la Sarine. Ils ont été comparés avec les pavés anciens qui sont encore en place dans le quartier de la Neuveville.*

## Zusammenfassung

*Für die Restaurierung historischer Bauwerke und Anlagen sollten wenn immer möglich die ursprünglichen Materialien verwendet werden. Bedingt durch die sich im Verlauf der Jahrhunderte ständig weiter entwickelnde Nutzung, weisen die öffentlichen Strassen und Plätze der Altstadt Besonderheiten auf. Sie wurden zunächst mit Steinen aus den benachbarten Flüssen gepflastert. Später verwendete man leichter behaubare und damit besser geeignete Materialien, welche oft aus weit entfernten Steinbrüchen herbeigeschafft wurden. Wenn heute besonders wertvolle Stätten restauriert werden, so ist darauf zu achten, dass deren ursprünglichen Wesensmerkmale beibehalten oder wieder hergestellt werden. Dies bedeutet, dass gleiche oder ähnliche Steine wie früher verwendet werden. Die vorliegende Studie wurde im Hinblick auf die in der Stadt Freiburg anstehenden Restaurierungsarbeiten unternommen; dabei wurden die im Flussbett der Saane vorhandenen Steine untersucht und mit den alten Pflastersteinen verglichen, welche im Neustadtquartier heute noch anzutreffen sind.*

## Abstract

*The restoration of protected monuments and historic sites should, whenever possible, be made with the same materials as originally used. Ancient urban roadnet shows peculiarities coming from the evolution of the use of public space in the course of the centuries. The surface of roads and places was first cobbled with shingles from the nearby rivers. Later, quarries, sometimes far away, supplied materials more adapted and easier to cut. To maintain and restore the surfacing on highly valued sites without modifying their character, one must find stones similar to the old ones. In view of the coming job sites in the city of Fribourg, a study has been made of the shingles that can be found in the Sarine river. And the resulting find was compared with the ancient cobblestones still present in the Neuveville quarter.*

## 1. Introduction et contexte

La notion de monument historique englobe aussi bien un immeuble isolé qu'un ensemble urbain ou rural ayant en commun d'être des témoins d'une société disparue, d'un mode de vie passé ou d'un événement historique, selon les termes de la CHARTE DE VENISE, 1994. L'importance de leur con-

servation et de leur restauration est en principe largement reconnue. Trop souvent, le traitement, la gestion et la protection des biens patrimoniaux ne porte que sur les objets eux-mêmes, sans que leurs environs immédiats ou étendus ne soient considérés comme contribuant à leur valeur, comme le déplore le rapport ICOMOS 2000 sur les monuments et les sites en péril. L'aménagement des voies de circulations et leur raccordements aux bâtiments adjacents n'a que rarement été considéré avec suffisamment d'attention. Les lignes qui suivent se rapportent à la restauration des surfaces pavées dans les sites anciens protégés.

La littérature technique à caractère scientifique en relation avec l'art du paveur débute dans la deuxième partie du XIX<sup>e</sup> siècle, alors que la circulation routière urbaine voit apparaître de nouveaux genres de véhicules et connaît un développement fulgurant dans les grandes capitales. Les premières directives pour la construction des routes pavées apparaissent en Allemagne par exemple avec l'*Instruction de la commission de pavage des routes de la ville de Kiel* du 1<sup>er</sup> octobre 1839, ou encore avec l'*Ordonnance sur les routes pour de duché de Schleswig et Holstein* du 1<sup>er</sup> mars 1842 (MENTLEIN, 2007). De nos jours, les publications sont plutôt rares, étant donnée la proportion extrêmement minimale des surfaces pavées par rapport à la totalité des aires de circulation. Les ouvrages de référence et les normes applicables sont cités dans la bibliographie.

## 2. Particularités de la voirie urbaine ancienne

### 2.1 Géométrie et technique de pose

De très nombreuses dispositions ont été imaginées par les paveurs à travers les âges, avec différentes préoccupations, telles qu'un emboîtement optimum des pièces, une esthétique séduisante, une résistance au décalage par le croisement des joints, une utilisation rationnelle des différentes tailles issues de la carrière.



*Fig. 1: Ancien pavage de galets de rivière en ligne, Planche-Supérieure (photo P. Zwick, 2007)*



*Fig. 2 : Pavage en segment d'arc, petits pavés de grès, rue de de Lausanne (photo P. Zwick, 2014)*

Fondamentalement les différents arrangements peuvent être résumés de la manière suivante,

- a) Le pavage en ligne était la manière la plus fréquente jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, lorsque apparurent les petits pavés. Les pierres de largeur approximativement identiques sont posées en rangées rectilignes séparées par des joints étroits (*Fig. 1*). Les qualités de service des surfaces ainsi pavées dépendent aussi bien du façonnage des pierres que du soin apporté à la pose. Un pavage en ligne bien exécuté aura une durée d'utilisation élevée, même en cas de sollicitations importantes par le trafic des poids lourds. Ceci est démontré par des revêtements qui ont été réalisés il y a plus de cent ans dont la surface est patinée, tandis que les faces brutes de rupture d'un pavage récent ne sont que sommairement dégrossies.

- b) Le pavage en segment d'arc à partir de petits pavés de carrière, faciles à tailler, s'est développé à partir de 1880 en Allemagne (Fig. 2). Ils étaient au début disposés de manière irrégulière en mosaïque. Vers 1910, le paveur bavarois FRIEDRICH W. NOLL a développé la pose de ce pavé en forme de segments arcs circulaires. Il parvint ainsi à synthétiser le principe fonctionnel constructif et l'effet géométrique esthétique (NOLL, 1919). La base de la pose des petits pavés en arc n'a pas fondamentalement changé depuis lors, et de nos jours encore, de tels revêtements, sont capables de résister aux charges élevées répétées de la circulation routière à l'intérieur des villes, pour autant qu'ils soient exécutés dans les règles de l'art et bien entretenus.
- c) Le pavage irrégulier de manière quelconque, appelée aussi sauvage, ou « opus incertum » a été pratiquée de tout temps pour des empièvements sommaires (Fig. 3). Il présente l'avantage que les pierres ne doivent pas être triées selon leur calibre, ce qui simplifie le travail lorsqu'on utilise des cailloux inégaux.

Il existe une foule de manières de disposer les pavés de manière plus ou moins régulière, les poses totalement aléatoires étant malgré tout peu courantes et surtout peu résistantes. La façon la plus intéressante est celle du pavé ajusté désigné dans la norme suisse comme *pavage irrégulier en diagonale* (Fig. 4). Les pierres doivent avoir en plan une forme proche du rectangle. Ainsi, comparativement au pavage parfaitement irrégulier, la résistance d'une pierre vis-à-vis d'un arrachement par rotation est nettement améliorée. Les formes irrégulières et les différences de dimensions ne permettent qu'une pose en diagonale. Ce genre de pavage exige un travail de pose nettement plus important qu'une disposition quelconque et n'est pratiqué à grande échelle que depuis 1820 environ, en Allemagne. Les fournisseurs de pavés font actuellement la promotion de cette pose car elle leur permet de tirer profit d'un matériel qui serait sans cela mis au rebut.



Fig. 3: Grand-Fontaine, ancien état, avant les travaux de 2009-2010. (photo IVS - Inventaire des voies de communication historiques de la Suisse, 2000)



Fig. 4: Echantillon de pavage irrégulier en diagonale. (photo Guber Natursteine AG, Alpnach, 2007)

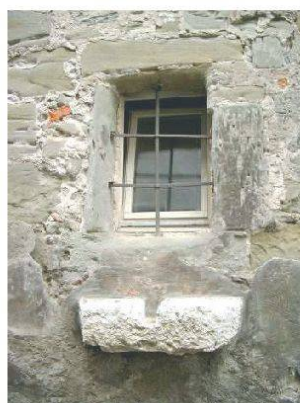
## 2.1. L'écoulement des eaux

Lorsque la chaussée est bordée d'immeubles, la priorité est donnée aux mesures d'éloignement de l'eau par rapport aux façades. Avant le XX<sup>e</sup> siècle, les possibilités d'étanchement et de drainage des murs enterrés étaient limitées et peu efficaces; il fallait donc éviter à tout prix des infiltrations d'eau dans les caves. Lors de la séance du conseil communal du 4 octobre 1799, le directeur des Bâti-ments rapporte que le pavé de la Grand-fontaine est tellement dégradé que l'eau filtre continuellement à travers les voûtes dans les maisons du Court-Chemin; autorise le Baumeister à faire réparer ce pavé de manière que l'eau ne puisse plus passer dans les maisons. Une partie des eaux de pluie (Fig. 5) et des eaux usées provenant des ménages (Fig. 6) et de l'artisanat était simplement rejetée dans la rue par des gargouilles dont il subsiste encore quelques exemples.

Pour ces raisons, le point bas du profil en travers se trouve au milieu de la chaussée, d'où le nom parfois donné de "profil en V".



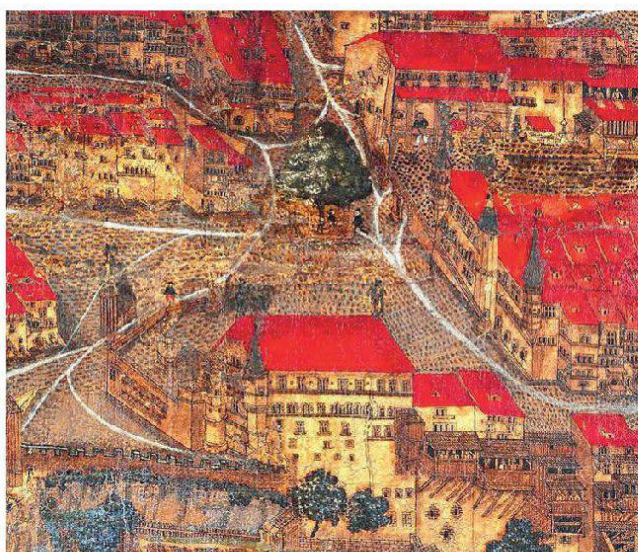
*Fig. 5: Gargouille pour l'évacuation des eaux de surface d'un jardin, chemin de Lorette (photo P. Zwick, 2004)*



*Fig. 6: Gargouille pour l'évacuation des eaux de cuisine, chemin de St-Jost (photo P. Zwick, 2003)*

La rigole centrale soumise à l'érosion de l'eau pouvait être munie d'une coulisse en pierre dure. A intervalles plus ou moins réguliers sur les artères importantes, des gueules de loup évacuaient une partie des flots dans des canaux souterrains (GIRARD, 1827).

L'utilisation de la chaussée pour l'évacuation à ciel ouvert de toutes les eaux, y compris les eaux usées chargées de détritux est très bien illustrée par la vue cavalière de Fribourg dessinée en 1582 par Grégoire Sickinger (Fig. 7).



*Fig. 7: Panorama de Sickinger 1582, Place de l'hôtel de ville (photo Musée d'art et d'histoire Fribourg, n° inventaire 4067)*

Le système était tellement important pour le fonctionnement que l'auteur a souligné systématiquement d'un trait blanc les rigoles qui suivaient toutes les rues. Le Père Girard écrivait en 1827 à l'intention de la jeunesse de Fribourg: *Dans les pavés vous voyez des rigoles qui, du haut de la ville jusqu'à la Sarine, s'étendent dans toutes les rues, comme les branches d'un grand arbre. Ces rigoles sont d'abord établies pour écouler les eaux de pluie ou de neige. Puis on y fait entrer l'eau des étangs, et partout nous obtenons des ruisseaux pour débarrasser nos rues de la boue qui s'y forme, de la neige, de la glace, tout comme des déblais et des vilénies de nos maisons.*

Les archives de la ville de Morat, conservées depuis le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, font plusieurs fois état de travaux de nettoyage et d'entretien de telles rigoles (SCHÖPFER, 2000).

## 2.2 Les différents usagers

Le trafic qui se développe vers la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et qui s'amplifie dès le début du XX<sup>e</sup> siècle avec les voitures automobiles devient de plus en plus nuisible et dangereux pour les autres usagers de la rue. Une séparation s'impose progressivement et donne naissance au trottoir qui va occuper l'espace juridiquement mal défini qui borde les façades des maisons. En effet, il semble qu'à Fribourg, les plates-formes aménagées devant les maisons pour servir à des usages privés furent progressivement supprimées début du XIX<sup>e</sup> siècle pour faire place à des trottoirs.

Les propriétaires bordiers avaient intérêt à ce que le terrain devant leur maison soit revêtu pour éviter la poussière par temps sec et la boue en cas de pluie. Lorsque la distance entre les alignements de façades était importante – comme à la Grand-Rue de Bulle – la chaussée carrossable en gravier sableux pouvait n'occuper qu'une bande centrale, laissant de chaque côté un espace de transition pavé jusqu'aux maisons. Ce n'est qu'ultérieurement que les trottoirs sont apparus au détriment de ce domaine intermédiaire aujourd'hui récupéré pour le parcage des voitures et que le pavage fut réalisé d'un bord à l'autre. La même disposition d'une voie charretière gravelée (bitumée par la suite) existait à Gruyères, avant la récente restauration systématique des pavés.

Dans les centres anciens aux ruelles à géométries tourmentées définies par les limites de constructions parfois mal alignées, la pratique fut d'assurer une largeur de chaussée régulière et de laisser la surface restante dans les bords, comme des espaces vagues, sans trop se demander si la largeur était suffisante pour assurer une déambulation fluide. Alors que les voitures pouvaient filer à toute allure, les marcheurs devaient même descendre du trottoir en s'exposant aux dangers.



*Fig. 8: la Grand-Fontaine après les travaux de 2009-2010, les ruptures de la ligne de bord du trottoir ralentissent les voitures, pavés de grès d'Alpnach. (photo P. Zwick, 2014)*



*Fig. 9: la Grand-Fontaine après les travaux de 2009-2010, un trottoir de largeur suffisante est maintenu devant tous les immeubles d'habitation. (photo P. Zwick, 2014)*

Il faudrait plutôt inverser la logique, et réserver aux piétons une bande de cheminement régulière suffisamment large, qui suit le bord des immeubles, même en cas d'alignement discontinu (Fig. 8). L'automobiliste qui n'a plus de bordure régulière pour guider optiquement sa trajectoire va automatiquement modérer son allure. Lorsque des escaliers sont accotés à la façade en empiétant locale-

ment sur le trottoir, il faut laisser un goulet pour permettre au moins le passage des poussettes et des fauteuils roulants (Fig. 9).

Il faut également éviter les rétrécissements progressifs de la chaussée en dessous de la largeur qui permet un croisement. Le conducteur ne se rendant pas compte du resserrement peut se retrouver alors sans l'avoir prévu, en face d'un véhicule venant en sens inverse qu'il ne pourra pas croiser. L'espace carrossable doit pouvoir permettre, sans ambiguïté, la circulation bidirectionnelle ou le sens unique. Les largeurs minima sont de 5 m dans le premier cas et de 3 m dans le second. Ces règles simples ont été appliquées avec succès lors de la restauration du pavage de la rue de la *Grand-Fontaine* à Fribourg.

### 3. Le choix des pierres

#### 3.1 Les exigences de qualité

*Il est important de disposer d'une description pétrographique de la pierre naturelle, non seulement pour les besoins de la classification pétrographique, mais également pour mettre en évidence les caractéristiques qui influent sur les comportements chimique, physique et mécanique de l'éprouvette. Il est donc nécessaire de caractériser les pierres naturelles d'une part du point de vue de leurs composants minéralogiques et de leur structure, d'autre part en ce qui concerne chacune de leurs caractéristiques. Pour garantir l'objectivité de la description pétrographique, la caractérisation du matériau doit, autant que possible, être quantitative (Norme européenne EN 1342). En premier lieu, l'échantillon fait l'objet d'une description macroscopique, puis des lames minces sont examinées sous le microscope pétrographique. En outre, certains types de pierres peuvent nécessiter le recours à des méthodes d'analyses chimiques ou physiques.*

En principe, la norme suisse se réfère pour cette question à la norme européenne EN 1342 qui définit huit critères de qualité:

- les dimensions,
- la résistance aux cycles de gel et de dégel,
- la résistance à la compression,
- la résistance à l'abrasion,
- la résistance au glissement,
- l'aspect,
- l'absorption d'eau,
- l'origine pétrographique.

Pour un type de pavé défini par ses cotes nominales, il importe que les écarts de dimensions soient limités, afin que l'ouverture des joints soit la plus étroite et la plus régulière possible. Nous rappellerons par la suite que la solidité d'un revêtement dépend essentiellement du serrage des pierres les unes contre les autres, ce qui implique que l'espace laissé aux joints dont le matériau de remplissage n'est que peu résistant doit être réduit au minimum. Les surfaces doivent être suffisamment régulières. Les aspérités doivent être limitées sur la face supérieure pour garantir le confort des usagers et sur les faces latérales pour éviter les points durs de contacts entre pavés, engendrant des concentrations de contraintes pouvant provoquer la rupture.

La résistance aux cycles de gel et de dégel qui provoquent peu à peu un effritement de la matière particulièrement destructeur sur les pierres poreuses - tels les grès très répandus dans nos contrées - est mesurée à travers un essai qui consiste à congeler les éprouvettes dans de l'air à  $-15^{\circ}$ , puis à les décongeler dans l'eau. On observe le développement des altérations en relevant les cassures, les fissurations, les effritements, les écaillages et la formation de copeaux. Le sel utilisé pour le déverglage augmente considérablement l'agressivité du phénomène. C'est pourquoi la norme suisse exige que la

résistance au gel prenne en compte l'effet du sel. Les tests sont alors effectués en ajoutant 2% de sel de cuisine dans l'eau servant à la décongélation.

Les forces verticales et horizontales transmises par les roues des véhicules; engendrent dans la pierre des contraintes de compression et de cisaillement d'autant plus destructrices qu'il y a lieu de tenir compte de l'effet de fatigue dû au nombre très élevé de cycles d'efforts alternés. L'essai d'écrasement effectué pour mesurer de la résistance à la compression ne correspond pas au mode de sollicitation réel d'un pavé dans la chaussée, néanmoins, il donne une bonne indication pour d'autres qualités exigées des pavés. La norme suisse ne prescrit aucune valeur limite inférieure de résistance, tandis qu'en Allemagne, ces valeurs s'échelonnent entre 60 et 100 MPa suivant l'importance de la route considérée.

La résistance à l'érosion s'oppose à l'usure progressive de la surface lors du passage répété des roues, ainsi que lors des freinages et des accélérations. Elle peut se mesurer à travers différents essais. La norme suisse ne prescrit aucune valeur limite inférieure. En Allemagne, cette propriété est mesurée selon la norme DIN 52108 selon laquelle la face supérieure des pavés est soumise au moyen d'un disque à l'action d'un abrasif; la matière arrachée sur 50 cm<sup>2</sup> de surface ne doit pas dépasser 12 à 15 cm<sup>3</sup>.

La résistance au polissage qui rendrait la surface de roulement lisse, et lui ferait perdre la capacité d'adhérence capitale pour la sécurité de la circulation, notamment pour limiter la longueur de la distance parcourue lors du freinage d'un véhicule. L'essai s'effectue à l'aide d'un appareil à pendule à l'extrémité duquel est fixé un patin en caoutchouc normalisé muni d'un ressort. La norme suisse ne prescrit aucune valeur limite, tandis qu'en Allemagne la valeur donnée par l'essai normalisé ne doit pas être inférieure à 55.

Le critère d'aspect est plus difficile à quantifier. Le contrôle visuel s'effectue en plaçant l'échantillon de référence contre les éprouvettes d'essai et en les examinant à une distance de 2 m sous des conditions de lumière normale. On note les différences visibles dans l'apparence, la texture ou la couleur.

La mesure de l'absorption d'eau donne de manière simple une indication sur la porosité de la pierre, dans la mesure où ces pores communiquent entre eux. Cette propriété donne une indication sur le comportement de la pierre à long terme, notamment en présence de cycles de gel et de dégel. Après trempage des éprouvettes sèches jusqu'à l'obtention d'une masse constante, le rapport de la masse d'eau absorbée par chacune des éprouvettes, sur la masse sèche de l'éprouvette considérée, est consigné sous forme de pourcentage.

### 3.2 Les différentes origines

L'origine pétrographique est un aspect très importante pour les exigences de qualité d'un pavé. Les pierres issues de roches magmatiques ou métamorphiques seront toujours préférables du point de vue des qualités mécaniques, tandis que les grès s'accordent mieux avec le paysage traditionnel de nos contrées. Il faut éviter d'employer les calcaires et les marbres qui se laissent trop facilement polir et donnent après un certain temps des surfaces de pavés glissantes et les travertins trop poreux et caverneux (MAGGETTI et al., 2012).

Les principes de la conservation des sites exigent le maintien ou la restauration d'un matériau lorsque son authenticité est démontrée. Dans le cas où les sites d'extraction auraient été abandonnés – ce qui est souvent le cas – on recherchera les matériaux les plus ressemblants à ceux d'origine dans la mesure où les quantités requises ne justifient pas l'ouverture d'une nouvelle exploitation qui peut d'autre part être interdite pour une raison de protection du paysage ou de l'environnement.

Les plus anciens pavés étaient souvent des galets de rivière charriés par le courant sur de grandes distances et qui de ce fait présentaient toutes les qualités requises. Les galets ronds provenant de



rivières ou de moraines glaciaires, peuvent être nécessaires pour la réparation d'anciennes chaussées présentant un intérêt historique ou pour reproduire certains pavages décoratifs (Fig. 10).



Fig. 10: Parvis de l'ancienne église d'Echarlens (photo P. Zwick, 2007)

Les pavés de carrière en forme de parallélépipède plus ou moins réguliers sont utilisés à grande échelle depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, alors que la voirie en pleine expansion des grandes villes européennes suscitait une immense demande de matériaux qui pouvait être satisfaite grâce à l'apparition des machines à air comprimé mues par la vapeur rendant l'exploitation de grands bancs de pierre nettement plus aisée et meilleur marché et grâce aussi au chemin de fer qui amenait rapidement sur des distances considérables des matériaux pondéreux. Les pays d'outre-mer tels que l'Inde, la Chine, le Vietnam sont de gros exportateurs de pavés. Le recours à ces produits pour les constructions dans nos contrées doit être envisagé avec circonspection si l'on tient compte des conditions de travail dans certains de ces pays et de l'énergie grise nécessaire à leur transport.

### 3.3 L'approvisionnement en galets de rivière

Une grande partie du matériel des anciennes surfaces pavées provient d'alluvions disponibles en surface sur les rives des lacs ou le long des cours d'eau. Ces pierres qui ont été charriées sur de grandes distances présentent généralement des qualités élevées de robustesse. Du point de vue pétrographique, leur origine très variée est dépendante des couches géologiques traversées par la rivière.



Fig. 11: Bourg de Gruyère, restauration en galets de rivière (photo P. Zwick)

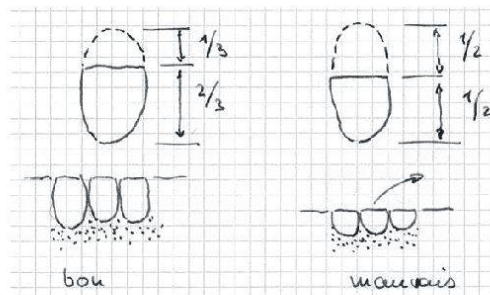


Fig. 12: Taille correcte de galets de rivière pour obtenir des pavés (dessin P. Zwick)

Leur forme est toujours arrondie, plus ou moins aplatie en fonction de la stratigraphie de la roche d'origine. Les éléments oblongs peuvent être utilisés tels quels au prix d'aspérités prononcées de la surface du revêtement ainsi réalisé. Ces pierres peuvent être taillées plus ou moins sommairement en fonction de la régularité exigée pour la surface finie. L'opération de taille est particulièrement fastidieuse; et se prête difficilement à l'engagement de machines. Pour obtenir des surfaces planes, on enlève une calotte qui doit représenter environ le tiers du volume de départ (voir Fig. 11 et 12).

La section ovale peut être rectifiée jusqu'à l'obtention d'un rectangle. Une queue trop longue peut être coupée.

### 3.4 La situation en ville de Fribourg

D'après le Père Girard: ... *les pavés qui sont si étendus dans notre ville et qui nous sont si nécessaires. Sans eux nous vivrions le plus souvent dans la boue. C'est la Sarine qui nous fournit les cailloux. Elle en ramène sans cesse dans ses débordements; mais il faut les prendre, les amener et les placer* (GIRARD, 1827).

De nos jours, il ne reste que peu de rues ou de places revêtues de galets de rivière. Ces derniers ont été remplacés par des grès issus de carrières qui ont fait l'objet de recherches par MAGGETTI ET AL. (2012). Le changement s'est produit dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, lorsque furent construites de meilleures routes d'accès aux zones d'extraction, il s'est accéléré avec l'apparition des véhicules à moteur. Les anciens pavés ronds de la Grand-Rue de Morat ont été remplacés par des pavés cubiques en 1926 (SCHÖPFER, 2000). L'approvisionnement depuis des carrières du pays ne pose pas de grand problème, ce qui n'est pas le cas pour les pavés de rivière.

Depuis la construction du barrage de la *Maignauge*, en 1865, le charriage des matériaux lors des crues de la Sarine est arrêté à l'endroit du *Lac de Pérolles*. Le prélèvement de galets à des fins de construction – maçonnerie, empierrement de routes – s'est poursuivi durant quelque temps en basse ville de Fribourg, jusqu'à épuisement. Il subsiste quelques bancs d'alluvions en amont du pont de *La Motta*. Le *Gottéron* continue d'alimenter un îlot au milieu de la rivière, à la hauteur du *Pont de Zaehringen*. Partout ailleurs, la rivière coule directement sur le substrat de molasse.

Pour trouver des matériaux adéquats pour effectuer la restauration de pavages répondant à des exigences élevées en milieu urbain ancien, nous avons emprunté la démarche suivante:

- a) Indentification sur la carte topographique 1:25000 des possibles zones à prospecter sur les rives de la Sarine accessibles par la voiture, en proximité de la ville de Fribourg,
- b) Prospection visuelle préliminaire des zones choisies sur la carte topographique pour vérifier la possibilité d'échantillonnage du matériel alluvial,
- c) Echantillonnage du matériel alluvial de la Sarine dans les zones définies au point b),
- d) Détermination de la typologie des roches dans chaque zone prospectée,
- e) Comparaison de la typologie des roches trouvées au point d) avec la typologie de roches présente dans une zone à pavé de type « galet » de la ville de Fribourg.

Les sites prospectés sont tous situés sur le cours de la Sarine, en amont et en aval de la ville de Fribourg, afin que les propriétés se rapprochent le plus possible de celles des anciens pavages encore existants. Ils ont été choisis sur la base des critères d'accessibilité - les matériaux prélevés doivent pouvoir être emmenés par un camion léger, sans qu'il soit nécessaire de construire une piste provisoire trop longue – et de protection de la nature - les rives du lac de Pérolles sont englobées dans une réserve naturelle protégée; il est donc exclu d'y prélever des matériaux.

Les onze sites suivants ont été prospectés en 2008. En parenthèse sont indiquées les coordonnées topographiques Suisse des lieux prospectés.

- 1) **Pensier, La Sonnaz** (577'400/188'400). Au bord du *Lac de Schiffenen*, sur la rive gauche. Lieu-dit *La Gravière* rappelle l'exploitation des dépôts morainiques dont les excavations sont en partie comblées. La rive a été corrigée au moyen de gabions gênant l'accès aux zones inondées. Le terrain est couvert de vase, ancienne terre végétale et alluvions du ruisseau provenant de *Courtepin*; peu de galets affleurants. Matériau utile: néant

- 2) **Räsch, sous le Pont de la Madeleine** (578'350/186'800). Sur la rive droite, accès facile par un chemin bitumé. Peu de galets, mélangés à une grande quantité de matériaux fins. Accès tributaire du niveau du lac artificiel de *Schiffenen*. Matériau utile: néant
- 3) **Aux Neigles** (578'800/184'500). Accès facile. Situation à l'intérieur d'une courbe, les dépôts sont surtout constitués de sable avec quelques blocs. Le gisement a probablement déjà été exploité. Matériau utile: néant
- 4) **Le Bois des Morts** (578'100/182'000). Sur la rive gauche, accès par un chemin forestier escarpé. Le site a été dragué durant de nombreuses années pour les besoins des installations de tri de sables et de graviers situées à *La Pisciculture*. Il est maintenant recouvert de végétation. A l'intérieur de la zone protégée du *Lac de Pérolles* Matériau utile: néant
- 5) **Le Creux du Loup** (577'700/182'150). Sur la rive droite, accès difficile par un chemin ancien très escarpé. Surface peu à peu envahie par la végétation. A l'intérieur de la zone protégée du *Lac de Pérolles*. Matériau utile: possible
- 6) **L'Invua** (576'600/181'500). Sur la rive gauche, accès facile à travers les installations de production de sable et gravier (*Fig. 13*). Sur la rive droite, situation semblable à celle du *Creux du Loup*; accès difficile par un chemin ancien très escarpé. Grands dépôts amenés par la *Gérine* dont l'embouchure est située à 500 m en amont. Les surfaces intéressantes sont inondées lorsque l'usine électrique d'*Hauterive* est en activité. Pour cette raison, il ne nous pas été possible de prélever d'échantillons. Matériau utile: probablement le meilleur gisement dans la région. Le lieu a été déjà exploité récemment pour le pavage autour de la chapelle de *Lorette*.



Fig. 13: Le site de l'Invua (photo P. Zwick, 2013)

- 7) **Châtillon, La Pila** (576'100/179'900). Sur la rive gauche, en face de l'usine électrique d'*Hauterive*, accès relativement facile par un chemin empierré, non revêtu. Dépôts très abondants et diversifiés. Blocs pouvant atteindre de grandes tailles. Matériau utile: possible
- 8) **Hauterive, derrière le couvent** (575'350 / 179'200). Sur la rive gauche, accès à travers les terrains du couvent (zone de silence), une piste serait à construire sur les 100 derniers mètres, depuis la ferme. Dépôts abondants. Matériau utile: possible.

En amont d'*Hauterive*, la vallée s'encaisse entre les falaises de molasse. Jusqu'au barrage de *Rossens*, il n'y a presque pas d'accès possible pour des camions. Les berges du *Lac de la Gruyère* sont rarement accessibles et offrent peu de dépôts intéressants, à l'exception de la

presqu'île de *Pont-en-Ogoz*, exclue pour des motifs touristiques, et des embouchures de la *Serbache* et du *Ruz*. Pour ces motifs l'espace entre *Hauterive* et *Broc* n'a pas été prospecté.

- 9) **Broc, entre la piscine et la STEP du Fulet** (573'550/161'000 à 573'400/162'200). Les deux berges de la Sarine. En raison des importants travaux d'endiguement, le courant est accéléré et il n'y a plus aucun dépôt qui peut se former dans un lit rétréci. Matériau utile: néant.
- 10) **Les Marches, Pont qui Branle** (573'600 / 159'200). Sur la rive droite, accès par la route forestière depuis la chapelle des *Marches*, éventuellement pour de petits véhicules, à travers l'ancien pont. Matériau utile: dépôts très abondants de pierres très dures, parfois de grandes dimensions.
- 11) **Gérine, lieu dit Stersmühle** Le lit majeur de la *Gérine*, entre *Plasselb* et *Tinterin*, n'a pas été endigué. Il s'étend sur de grandes largeurs; il est recouvert d'une grande quantité de galets de toutes sortes de dimensions. Matériau utile: dépôts très abondants de pierres issues majoritairement du flysch, parfois de grandes dimensions.

#### 4. Echantillonnage du matériel alluvial de la Sarine

Dans chaque zone (*Hauterive*, *Châtillon* et *Les Marches*) choisies pour l'échantillonnage, nous avons établie 5 points pour les prélèvements des roches. La localisation exacte des points a été déterminée par l'aide du GPS (Tab. a, en annexe).

En correspondance de chaque point nous avons mis un « masque » de dimension de 1 m<sup>2</sup> (Fig.15) et nous avons prélevé toutes les roches à l'intérieur du « masque » qui avaient des dimensions majeures de 10 x 10 x 10 cm. Nous avons prélevé seulement les roches de ces dimensions parce qu'elles sont les dimensions minimales à utiliser pour des galets à pavé.

Les nombres des roches prélevées dans chaque zone sont reportés dans le Tab. a en annexe.

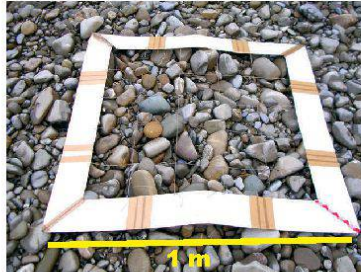


Fig. 14: Masque utilisée pour la prospection et échantillonnage

##### 4.1 Typologie des roches dans chaque zone prospectée

Les roches échantillonnées ont été analysées macroscopiquement et réparties dans 4 catégories des roches : grès, calcaires *sensu strictu* (*s.s.*), calcaires dolomitiques et roches magmatiques/ métamorphiques.

Le Tab. b (en annexe) et les Fig.15, 16, 17 montrent la distribution, en pourcentage, des différents types de roches dans les points échantillonnés et la distribution moyenne des roches dans chaque zone investiguée.

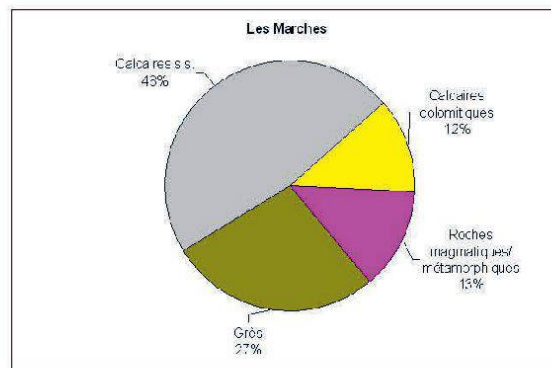


Fig. 15: Distribution de la typologie de roches prélevées Aux Marches

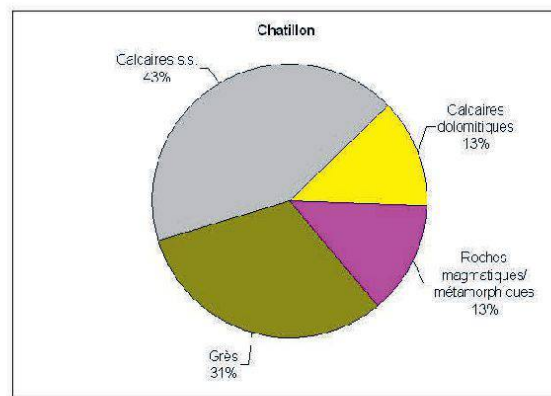


Fig. 16: Distribution de la typologie de roches prélevées à Châtillon

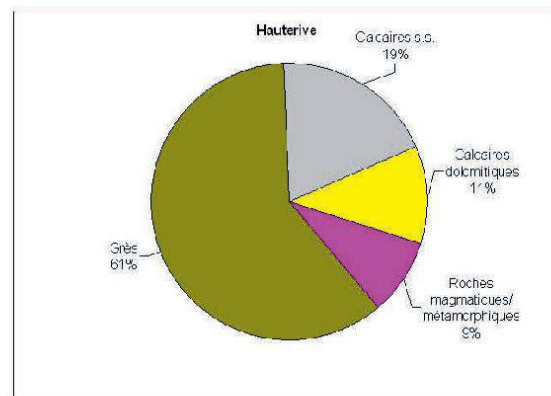


Fig. 17: Distribution de la typologie de roches prélevées à Hauterive

L'association des roches présentes dans les trois zones met en évidence les caractéristiques suivantes :

- dans les zones *Les Marches* et *Châtillon*, la typologie de roche la plus abondante est le calcaire s.s. (environ 45%) et ensuite par ordre d'abondances : le grès (environ 30 %), le calcaire dolomitique (environ 13%) et les roches magmatiques/ métamorphiques (environ 13%) ;
- dans la zone *Hauterive* la typologie la plus abondante est le grès (environ 60 %) et ensuite par ordre d'abondance : le calcaire s.s. (environ 20%), le calcaire dolomitique (environ 11%) et les roches magmatiques/métamorphiques (environ 9%) ;

- nous remarquons une différence nette entre l'association des roches de la zone d'*Hauterive* et celles des zones *Les Marches* et *Châtillon*.

#### 4.2 Comparaison entre la typologie de roches trouvée dans les zones prospectées et la typologie de roches présente dans une zone pavée de la ville de Fribourg

Pour établir si les galets de la Sarine peuvent remplacer les galets dans les zones à pavés de Fribourg nous avons fait une comparaison entre l'association des roches que nous retrouvons dans les pavés « à galets » de la ville de Fribourg (CHIAVERINI & MAGGETTI, 2012) et l'association de roches des zones investiguées dans cette étude.

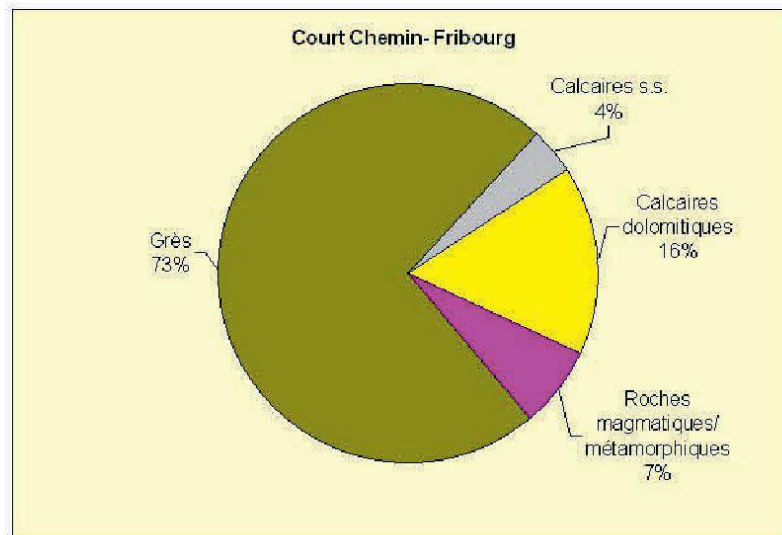


Fig. 18: Distribution de la typologie de roches présentes dans les pavés à galets au Court-Chemin

Nous avons choisi comme zone typique des pavés à galets de Fribourg le *Court-Chemin*. La Fig. 18 montre les résultats obtenus. Nous notons que la distribution de la typologie de roches présentes dans les pavés du *Court-Chemin* est fortement différente de celles retrouvées dans les zones *Les Marches* et *Châtillon* (Fig. 15 et 16).

Par contre, la distribution des roches retrouvée dans la zone d'*Hauterive* (Fig. 17) est la plus proche de la composition du *Court-Chemin*, bien que la quantité de roches calcaires soit différente.

## 5. Conclusion

Nous avons essayé de faire le point sur les règles de l'art à respecter lors du choix des pavés comme revêtement routier en site urbain et de proposer quelques solutions utiles aux projeteurs et aux constructeurs lors des prochains chantiers d'entretien ou de restauration dans des lieux sensibles quant à leur valeur historique et patrimoniale.

Ce travail s'inscrivant dans un programme de recherche appliquée, nous sommes allés puiser nos illustrations, autant que possible, dans des exemples locaux.

L'étude de nombreux prélèvements a tenté d'établir si les galets alluviaux de la Sarine pouvaient être utilisés pour remplacer localement les pierres des zones des pavés « à galets » de Fribourg.

Nous avons pris en considération les typologies des roches présentes dans trois zones des rivages de la Sarine (*Les Marches*, *Châtillon* et *Hauterive*) accessible en voiture pour une éventuelle exploitation de ce matériel.

Pour déterminer si le matériel de la Sarine était apte pour le remplacement nous avons comparé l'association des roches présentes dans les zones investiguées avec celle retrouvée dans les pavés « à galets » de la ville de Fribourg.

Les résultats montrent que les zones *Les Marches* et *Châtillon* ne peuvent pas être utilisées pour récupérer du matériel de remplacement, tandis que la zone d'*Hauterive* pourrait, à notre avis, être un lieu pour l'approvisionnement.

Etant donné le nombre limité de zones prospectées dans cette étude, nous considérons nécessaire, la prospection des autres zones sur les rivages de la Sarine, autour de Fribourg, pour avoir des résultats plus complets et exploitables.

## Remerciements

Cet article est une recension du dossier inédit établi à l'intention de la Direction de l'Edilité de la Ville de Fribourg au mois d'avril 2011, complétant du point de vue du génie civil, le rapport CTI n° 6568.1 FHS-ET, intitulé *RRI Restauration-Rekonstruktion-Innovation: Zur Frage der Sanierung von Strassen und Pflästerungen in mittelalterlichen Kernzonen Schweizer Städte*, projet lancé en 2003 par M. Michael Fritz, chargé de cours auprès de l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg. Nous remercions les collaborateurs de la dite école, ainsi que ceux du Département des géosciences de l'Université de Fribourg, du Service archéologique et du Service des biens culturels de l'Etat de Fribourg, du Service d'urbanisme et d'architecture et du Service du génie civil de la Ville de Fribourg, de l'Inventaires des voies de communication historiques de la Suisse et les entrepreneurs qui nous ont aidé et conseillé dans nos recherches: Mélanie Baschung, Gilles Bourgarel, Jean-Pierre Dewarrat, Dominique Ding, Philippe Dreyer, Edgar Etter, Grégory Jaquerod, Aloys Lauper, Jean-Pierre Largo, Prof. Marino Maggetti, Serge Menoud, Dominique Rosset, Jean-Marc Schaller, Hanspeter Schneider.

## BIBLIOGRAPHIE

- CHIAVERINI, J & MAGGETTI, M. (2012): Le pavement du centre historique de la ville de Fribourg: résultats du relevé pétrographique - Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., vol. 101, p. 97-120
- GIRARD, G., le Père Girard, (1827): Explication du plan de Fribourg en Suisse, dédié à la jeunesse de cette ville, pour lui servir de première leçon de géographie - chez Xavier Meyer, Lucerne
- ICOMOS (2000): Rapport mondial sur les monuments et sites en péril
- MAGGETTI, M. & CHIAVERINI, J. (2004): Historical and field evidence for paving stone quarrying in the canton Fribourg (Switzerland). - 34th International Symposium on Archaeometry, Zaragoza (Spain), 3.-7.05.2004, p. 56 (Abstract)
- MAGGETTI, M., MAGETTI, M., CHIAVERINI, J. ET SERNEELS, V. (2012): Hartsandsteinbrüche für Pflastersteine des Kantons Freiburg – Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., vol. 101, p. 67-96
- MENTLEIN, H. (2007): Pflaster Atlas, Planung, Konstruktion und Herstellung, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage mit 70 Tabellen und 290 Abbildungen - Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln
- NOLL, F. W. (1919): Verbilligung des Steinpflasters und Erhöhung seiner Wirtschaftlichkeit, Reform-Skizzen von Friedrich W. Noll, Hofpflastermeister - München, im Selbstverlag des Verfassers
- SCHÖPFER, H. (2000): Die Kunstdenkmäler des Kantons Freiburg, Band V
- VOGEL, S. (2003): Die Kunst des Pflasterns mit Natursteinen - TUSA-Natursteine GmbH, Freudstadt

## NORMES

- BRITISH STANDARD: BS 7533-7, Part 7: Code of practice for the construction of pavements of natural stone setts and cobbles, 2002
- CAN 222 F/06, Pavages et bordures, 2006, Centre suisse d'études pour la rationalisation de la construction (CRB)
- CHARTE DE VENISE: Charte internationale sur la conservation des monuments et des sites, élaborée par ICOMOS, Conseil international des monuments et des sites, adoptée à Venise, 1994
- EURONORMES: EN 1342, Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d'essai, 2001
- VSS, UNION DES PROFESSIONNELS SUISSES DE LA ROUTE: SN 640 480, Pavages, conception, dimensionnement, exigences, exécution, 2006

## ANNEXES

Tab. a: Points d'échantillonnage du matériel alluvial de la Sarine

Point	Zone	Cordonnées GPS (à transformer)	Nombres des roches échantillonnées
1	Hauterive	32T 0356458, UTM 5181324	15
2	Hauterive	32T 0355989, UTM 5180783	16
3	Hauterive	32T 0356106, UTM 5180632	22
4	Hauterive	32T 0356102, UTM 5180657	18
5	Hauterive	32T 0356083, UTM 5180671	18
6	Châtillon	32T 0356826, UTM 5181278	22
7	Châtillon	32T 0356769, UTM 5181289	30
8	Châtillon	32T 0356740, UTM 5181317	20
9	Châtillon	32T 0356833, UTM 5181281	19
10	Châtillon	31T 0724001, UTM 5088613	36
11	Les Marches	32T 0354106, UTM 5160739	19
12	Les Marches	32T 0354032, UTM 5160695	19
13	Les Marches	-	12
14	Les Marches	-	17
15	Les Marches	-	32



*Tab. b: Distribution de la typologie des galets retrouvés dans chaque zone prospectée*

Point	Zone	Grès (%)	Calcaires s.s. (%)	Calcaires Dolomitiques (%)	Roches magmatiques/ métamorphiques (%)
1	Hauterive	60	20	20	0
2	Hauterive	56	19	19	6
3	Hauterive	55	27	9	9
4	Hauterive	66	17	6	11
5	Hauterive	66	11	6	17
<b>Hauterive</b>		<b>61</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>9</b>
6	Châtillon	27	41	14	18
7	Châtillon	27	47	13	13
8	Châtillon	35	35	10	20
9	Châtillon	32	47	5	16
10	Châtillon	36	41	17	6
<b>Châtillon</b>		<b>31</b>	<b>43</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
11	Les Marches	26	53	5	16
12	Les Marches	47	26	11	16
13	Les Marches	17	50	8	25
14	Les Marches	12	52	24	12
15	Les Marches	28	53	13	6
<b>Les Marches</b>		<b>27</b>	<b>48</b>	<b>12</b>	<b>13</b>