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

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 101 (2012)

Artikel: Le pavement du centre historique de la ville de Fribourg : résultats du relevé pétrographique

Autor: Chiaverini, Jessica / Maggetti, Marino

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-358076

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Le pavement du centre historique de la ville de Fribourg: résultats du relevé pétrographique

JESSICA CHIAVERINI[1] et MARINO MAGGETTI[2]

[1] CEMEX Research Group AG, CH-2555 Brügg
[2] Département des Géosciences, Université, CH-1700 Fribourg

Résumé

L'inventaire pétrographique des pavements de la Ville médiévale de Fribourg a été réalisé en définissant, dans l'ensemble des pavements, neufs secteurs. 207 carrés de 1m^2, représentatifs pour les secteurs, furent choisis pour l'étude détaillée. Grâce au relevé pétrographique qualitatif et quantitatif de ces carrés, à l'analyse microscopique et à l'analyse minéralogique par diffractométrie aux rayons-X de la plupart des 361 échantillons, démonstration fut faite que la grande majorité des pavés de la Ville est en grès calcaires durs (92 %), le reste en roches cristallines (4%) ainsi qu'en deux types de calcaire (4%). Les pavés sont soit du type pavé de galets de rivière, soit du type pavé de carrière. Les pavements peuvent être divisé en 11 types différents selon leur origine, la pose, le joint et leur nature pétrographique. La plupart des pavés sont de carrière et en grès calcaire dur qui ont été produits dans les carrières fribourgeoises où affleurent les grès du Flysch. La pose de ce type de pavé est assez récente, car ces carrières n'ont débuté leur activité que vers 1920. Le spectre lithologique des pavés de galets de rivière est grand et va des grès calcaires durs du Flysch aux grès de la Molasse Subalpine, granites, gneiss, amphibolites, deux types de calcaires, serpentinites et quartzites. Ces roches peuvent être trouvé dans les alluvions récentes de la Gérine et de la Sarine. On y rencontre les lithotypes affleurant dans le lit de ces deux rivières ainsi que des galets et moellons des moraines lessivées du glacier du Rhône et des glaciers régionaux. Les paveurs ont extrait que des roches dures de ce matériel. La pose de ces pavés est difficile à dater, mais il est très probable qu'une grande partie des pavés à galets provient du premier pavage du début du 15e s., re-utilisée dans des pavements plus récents.

Zusammenfassung

Die Erstellung des petrographischen Inventars der Pflästerungen der Freiburger Altstadt basiert auf folgendem Konzept: Aus dem gesamten gepflästerten Areal wurden neun Sektoren ausgewählt, die ihrerseits in 207 repräsentative Quadrate à 1m^2 unterteilt wurden. Ausgehend von der qualitativen und quantitativen Detail-Untersuchung aller Quadrate, sowie auf der mikroskopischen und röntgenographischen Analyse vieler der 361 in situ genommenen Proben kann gezeigt werden, dass die Mehrheit der freiburgischen Pflaster aus einem harten Kalksandstein bestehen (92%) und die restlichen entweder aus Kristallingesteinen (4%) oder aus zwei unterschiedlichen Kalksteintypen (4%). Die Pflastersteine gehören zum Typ Flussgeröll-Pflasterstein oder zum Typ Steinbruch-Pflasterstein. Die Pflästerungen wurden 11 Typen zugeordnet, ausgehend von Herkunft, Verlegung, Verfugung und petrographischer Natur. Die Pflastersteine sind mehrheitlich vom Typ Steinbruch-Pflasterstein und diese wiederum mehrheitlich aus hartem Kalksandstein. Sie stammen aus den Flysch-Steinbrüchen des Kantons Freiburg. Die Verlegung dieser Pflastersteine muss relativ rezent sein, denn diese Steinbrüche begannen um ca. 1920 zu produzieren. Das lithologische Spektrum der Flussgeröll-Pflastersteine ist grösser und umfasst Flyschsandsteine, Sandsteine der subalpinen Molasse, Granite, Gneise, Amphibolite, Kalke, Serpentinite und Quarzite. Diese Gesteine finden sich in den rezenten Sedimenten der Aergera und der Saane, und stammen aus dem Untergrund derer Flussbette und/oder aus den erodierten Moränen des Rhonegletschers und lokaler Gletscher. Die Pflästerer haben daraus nur harte Komponenten ausgewählt. Die Verlegung dieses Typs von Pflasterstein ist schwierig zu datieren, doch könnten viele noch aus der ersten

Stadtpflästerung des beginnenden 15. Jh. stammen, die in späteren Pflästerungen rezykliert wurden.

Abstract

A petrographic inventory of the pavements of the medieval City of Fribourg was drawn up, setting out nine areas. 207 squares - 1m² each - were chosen for the detailed study as being representative of the different areas. The qualitative and quantitative description of these squares, along with the microscopic and the X-ray diffraction analysis of most of the 361 in situ samples made it possible to indicate that the great majority of the City's pavements are made of hard calcareous sandstone (92%), and the remainder of crystalline rocks (4%) as well as two types of limestone (4%). The cobblestones are either of the river pebble type, or of the quarry type. The pavements can be divided in 11 different categories according to their origin, the way they were put in place, the joint and their petrographic characteristics. Most of the cobblestones come from a quarry, made of hard calcareous sandstone and were produced in Flysch quarries of the canton Fribourg. The laying of this type of pavement is quite recent because these quarries started their activity only around 1920. The lithological spectrum of the cobblestones made from river pebbles is wide and ranges from hard Flysch calcareous sandstones to Subalpine Molasse sandstones, granites, gneiss, amphibolites, two types of limestone, serpentinites and quartzites. These rocks can be found in recent river sediments of the Gérine and the Sarine. They originate from their riverbeds or from morainic deposits of local glaciers and the Rhone glacier. The pavers have kept only the hard rocks from these materials. The laying of these pavements is difficult to date accurately, but it is quite possible that a large quantity of the river cobblestones comes from the first paving, early 15th century, which has been re-used in more recent pavements.

1. Introduction

Les vieux quartiers de la Ville de Fribourg contiennent encore de grandes surfaces pavées qui leur confèrent un cachet très particulier et attrayant. Jusqu'à présent, aucune étude systématique ne fut menée sur la nature pétrographique ni sur la provenance de ce patrimoine culturel important, abstraction faite d'un travail ponctuel intéressant la Rue de l'Hôpital (CHIAVERINI, 2003). Les sources d'archives n'en parlent malheureusement pas beaucoup. On ne trouve que quelques mentions dans la littérature, comme p.ex. GILLIERON (1885): « Ce sont les matériaux erratiques qui fournissent les *pavés* des villes. La Gérine et la Sense charrient d'assez gros fragments de grès du flysch, pour qu'on en puisse tailler des bordures de trottoir et d'excellentes pierres à paver de forme régulière. ». BOLLIN présente en 1996 une description pétrographique exhaustive pour 19 constructions de la ville de Fribourg et mentionne, pour les pavements, des sources locales, régionales, suisses et étrangères. De source fribourgeoise locale sont les *moellons* et les *galets* utilisés pour la pose des anciens pavements autour de la Porte de Bourguillon et de la Fontaine de la Force, de source régionale les pavés en *grès dur siliceux de Tatüre* des récentes rénovations du pavement autour la Porte de Bourguillon et de la Fontaine de la Force, ainsi que des rénovations du Pont de Saint-Jean (1988), du secteur supérieur du Court-Chemin (1989/1990) et de la Rue de Romont (1995).

Les pavés de la Ville de Fribourg sont bien résistants, mais peuvent se détériorer, se casser et disparaître. Il faut donc les remplacer. Pour ce faire, on doit connaître leur nature pétrographique, étudier leur provenance et trouver des pierres de substitution. C'est à ces questions que le présent travail s'est efforcé d'apporter des éléments de réponse.

A plus large échelle, cette étude veut être un projet pilote pour : (1) constituer les bases d'une étude scientifique et (2) pour développer une méthodologie efficace et simple pour des fins de

restauration, conservation et substitution des pavages dans les centres historiques de villes suisses ou étrangères.

2. Stratégie de prospection et Méthodologie

2.1 Stratégie du relevé pétrographique

À l'heure actuelle, aucun travail d'inventaire pétrographique des pavés d'une ville suisse ou européenne nous est connu. Il fallait donc développer une nouvelle méthode de prospection et créer un nouvel outil de travail. Il était aussi évident, vu l'énorme surface de pavements de la Ville de Fribourg, qu'on ne pouvait pas analyser toute cette étendue en faisant une identification pétrographique de chaque pavé pris individuellement. Neuf *secteurs* furent donc choisis, dans la vieille Ville de Fribourg, pour une étude pétrographique approfondie. Le choix se fît sur la base de critères urbanistiques (plan urbanistique intact depuis le XVe s.) et historiques (Fig. 1, Tab. 1).

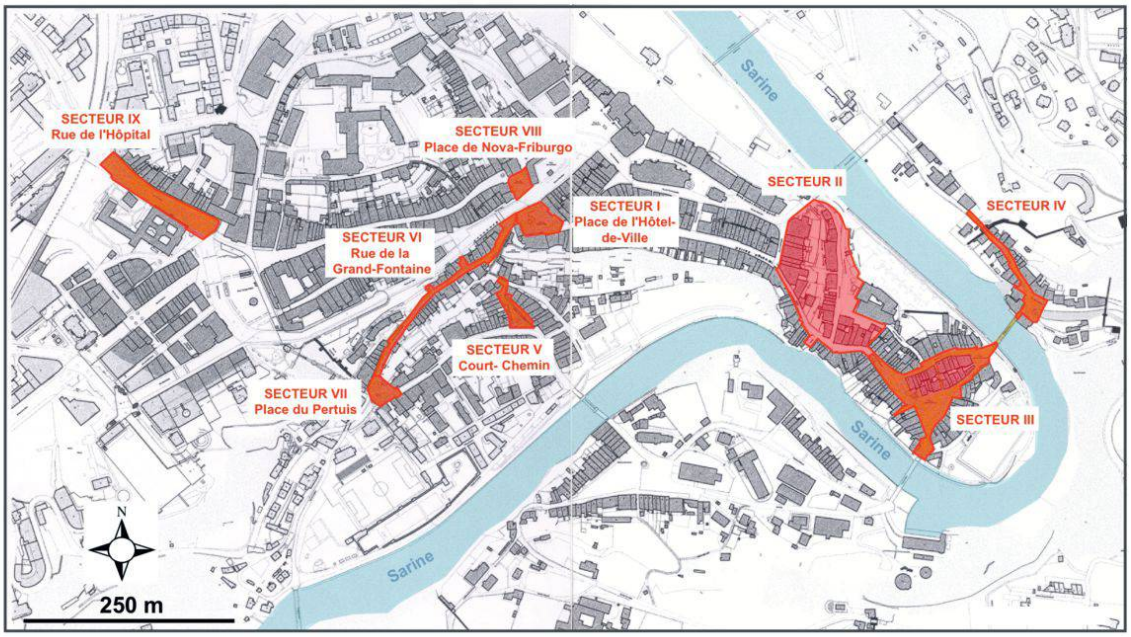


Fig. 1: ***Visualisation des neufs secteurs pour le relevé pétrographique.***

Le secteur V du Court-Chemin s'offrait comme cas idéal pour essayer de retrouver des anciens pavements, car il servait, vu son inclinaison très marquée, surtout aux déplacements des personnes et n'a par conséquent pas subi tous les changements dus à l'explosion du trafic motorisé dans la ville. Mais il s'est avéré bien vite que même les secteurs étaient trop grands pour qu'on puisse les analyser en un temps raisonnable. Il fallait donc diviser la surface en carrés de 1m^2 chacun (*carré*), puis choisir un nombre minimum de carrés, représentatifs de toute la variabilité pétrographique d'un secteur donné (Tab. 1). Les carrés choisis de chaque secteur sont enfin dessinés sur un plan à l'échelle 1:500 (Fig. 2) et photographiés, afin de permettre de numéroter chaque pavé, le cas échéant.

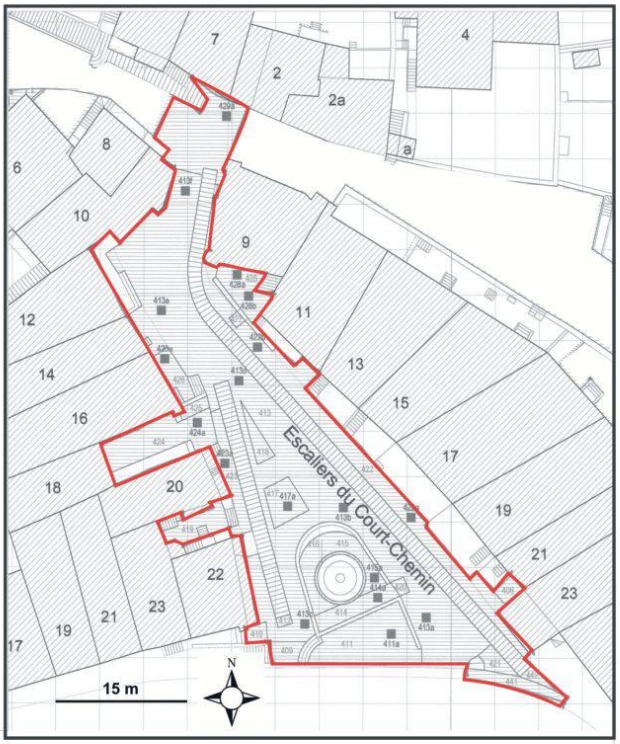


Fig. 2: ***Exemple de la division d'un secteur en carrés (carrés noirs). 18 carrés, numérotés de 411a à 419a, ont été retenus pour l'étude pétrographique du secteur V, Court-Chemin.***

Vient ensuite la troisième étape, c.à.d. le relevé pétrographique détaillé des 207 carrés préalablement définis. Pour chaque carré, une fiche est remplie (Fig. 3). Finalement, il reste la question de la représentativité du relevé pétrographique responsable de la portée de la méthode utilisée. Les pavements de la Vieille ville occupent une surface de 50'000 m^2 et les secteurs choisis une de 20'000 m^2. L'analyse pétrographique s'est donc intéressée à 40 % de la surface totale, un pourcentage assez fidèle et représentatif de la surface totale des pavements fribourgeois.

2. 2 Description et application de la fiche pétrographique

La fiche permet de récolter, d'une manière structurée, des informations sur les types de roche ou lithotypes présents au moment du relevé. Elle permet aussi de faire une quantification de chaque type de roche, de donner des indications sur la provenance des pavés et sur l'échantillonnage fait. Sa structuration simple peut être modifié sans autre et adaptée à la situation particulière d'un carré. Elle pourra être utilisée pour le relevé pétrographique d'autres villes, soit suisses, soit étrangères. Elle facilite aussi le transfert des données récoltées dans une banque de données. On aurait pu se contenter avec de la détermination pétrographique, mais comme la majorité des pavés en Ville de Fribourg avait une nature grèseuse, quatre autres critères (couleur, taille des grains, structure et observations) furent ajoutés, pour faciliter la recherche de la provenance.

450 Matériaux de l'ensemble: on y indique si les matériaux du carré forment, du point de vue pétrographique, un ensemble homogène ou hétérogène, resp. s'ils sont constitués du même type de roche ou pas. Les pavés de carrière forment habituellement des ensembles homogènes, contrairement aux pavés originaires de galets de rivière. Les remplacements donnent aussi lieu à des ensembles hétérogènes.

Court-Chemin

DATE: 18-11-03 **CARRÉ: 411a**

402 REVÊTEMENT (RELEVÉ DÉTAILLÉ PÉTROGRAPHIQUE)

450 Matériaux de l'ensemble (pétrographie)

☐ homogènes ■ hétérogènes

460 Type de roche et pourcentage des différents types

☐ magmatique ou métamorphique ■ sédimentaire ☐ ?

☐ granite .....%	☐ gneiss .....%	■ grès ciment calcaire.....**95** %
☐ porphyre .....%	☐ marbre .....%	☐ grès matrice argileuse .....%
☐ gabbro .....%	☐ serpentinite .....%	☐ calcaire type I .....%
☐ .....%	■ quartzite .....**2** %	■ calcaire type II.....**3** %
	☐ migmatite .....%	☐ .....%
	☐ .....%	

Grès à ciment calcaire

470 Couleur

■ gris clair ☐ gris foncé ■ jaune/ marron ☐ ..... ☐ blanc (veine calcite)

480 Taille des grains

■ grossière (> 1mm) ■ moyenne (0.5-1 mm) ☐ fine (< 0.5 mm)

490 Structure

■ massive ☐ lité

500 Observations

réaction HCl: ☐ non ■ faible ■ moyenne ☐ forte ☐ veines de calcite à l'intérieur

☐ .....

510 Provenance des pavés

☐ étrangère ■ suisse ■ locale/régionale ☐ ?

520 Prélèvement à faire

■

***Fig. 3**: Exemple d'une fiche pétrographique utilisée pour l'analyse du carré 411a du secteur V, Court-Chemin.*

460 Types de roche et pourcentage des différents types: Cette classification permet l'identification des différents types de roche et l'évaluation de leur pourcentage en surface. Dans un premier niveau, elle se subdivise en quatre groupes, englobant les trois grandes familles de roche (roche magmatique, métamorphique, sédimentaire) et un groupe où sont classées les roches à identification

incertaine. Un deuxième niveau permet, pour chaque groupe, l'identification pétrographique exacte du pavé et le pourcentage. L'identification se base sur des observations macroscopiques (couleur, structure, type d'altération etc.) et des tests in situ (test de dureté resp. rayabilité avec une pointe métallique ou une attaque chimique avec de l'HCl dilué pour tester la présence ou l'absence de carbonates).
Le pourcentage pour chaque type de roche (R) est donné par la formule suivante:
R (%) = (Nr/ Nt) x100
où Nr : nombre de pavés de roche R dans le carré relevé, et Nt : nombre total des pavés dans le carré relevé.

470 Couleur: les couleurs sont estimées à la coupe fraîche, en protocolant aussi la couleur d'altération qui peut être très typique pour une roche spécifique. La fiche énumère les couleurs des pavés fribourgeois les plus répandues, le blanc correspondant aux veines de calcite.

480 Taille des grains (grès): la distinction est faite avec une loupe graduée ou un comparateur de granulométrie.

490 Structure (grès): on observe une structure litée pour des sédiments stratifiés et une structure massive quand la stratification n'est pas bien développée.

500 Observations: on y retient les effets des tests avec l'HCl dilué, la présence de veines de calcite et autres propriétés de la roche.

501 Provenance des pavés: la provenance probable y est indiquée sur la base de critères macroscopiques. Elle sera ensuite vérifiée par des analyses scientifiques.

520 Prélèvement: on y indique si des échantillons ont été pris. En effet, il arrive souvent qu'on ne peut pas identifier d'une manière absolument sûre la nature pétrographique d'un pavé. Dans ce cas, ou lorsque on veut avoir plus de détails minéralogiques et pétrographiques, un petit échantillon de quelques cm^3 est prélevé d'un pavé, en se servant d'un burin et d'un marteau et en faisant attention de ne prélever que le strict minimum nécessaire pour ne pas trop abîmer le pavé. L'emplacement de cet échantillon est rapporté sur la photographie du carré. Ces échantillons sont ensuite soumis à des analyses microscopiques et minéralogiques (Tab. 1).

2.3 Matériel de terrain pour la prospection pétrographique

Les travaux de documentation, les observations macroscopiques, les tests in situ et l'échantillonnage des pavés nécessitent:

- Le plan 1 :500 du secteur en question
- La photographie de chaque carré de ce secteur
- Une fiche pour chaque carré de ce secteur
- Une loupe à agrandissement 8-10 fois et si possible avec graduation millimétrique
- Une pointe métallique
- Une solution d'acide chlorhydrique (HCl) dilué 10%
- Une règle
- Un comparateur de granulométrie
- Un burin
- Un marteau
- Des petits sachets en plastique pour les échantillons.

2.4 Méthodes analytiques

La prospection pétrographique réunit un total de 361 échantillons (Tab. 1). 300 échantillons ont été soumis à l'analyse microscopique pour connaître plus précisément leur nature pétrographique. 192 échantillons furent passés aux rayons-X pour déterminer la présence ou l'absence de dolomie, car les grès de la molasse subalpine se différencient de ceux du Flysch entre autres par leur contenu en dolomie (MAGGETTI et al. 2008).

2.4.1 Préparation de la poudre

192 petits échantillons d'un poids de 3 à 10 g ont été broyés finement dans un moulin de carbure de tungstène.

2.4.2 Analyse microscopique

Des coupes minces furent confectionnées pour 300 échantillons et analysées dans un microscope polarisant. Chaque échantillon fut photographié à des échelles différentes (avec ou sans polarisateur). Certaines ont été traitées avec le rouge d'alizarine pour détecter ou non le minéral dolomie.

2.4.3 Analyse minéralogique (diffraction aux rayons-X, DRX)

Les diffractions ont été réalisées sur les poudres à l'aide d'un diffractomètre PHILIPS PW 1800 (rayonnement CuKα, 40 kV, 40 mA, 2ϑ 2-65°).

3. Résultats

3.1 Quatre catégories pétrographiques

L'analyse des 207 carrés à pavés, effectuée du mois d'octobre 2003 à juin 2004, a livré une très grande variété typologique, trop grande pour permettre une comparaison aisée des secteurs des carrés. Il fallait donc les reclasser en quatre catégories pétrographiques: (1) Calcaires type I; (2) Calcaires type II ; (3) Grès calcaires (à ciment resp. matrice calcitique) et (4) Roches cristallines (magmatiques et métamorphiques).

3.1.1 Calcaire type I

Les calcaires de type I sont des « vrais calcaires », purs. Leur surface altérée montre une couleur gris clair ou marron clair. La coupe fraîche est marron claire. Leur granulométrie est fine ou micritique. On y voit souvent des veines blanches de calcite. L'analyse microscopique montre que la plupart de ces roches appartiennent aux calcaires à péloides avec un ciment calcitique. L'analyse minéralogique à la DRX indique la calcite comme phase la plus abondante et le quartz comme phase accessoire.

3.1.2 Calcaire type II

Ces calcaires ont une couleur gris clair ou foncée à l'altération, et gris foncé dans la coupe fraîche. Leur réaction à l'HCl est souvent faible ou retardée. La granulométrie va de fine à grossière. Des veines blanches de calcite peuvent aussi être observées. L'analyse microscopique montre qu'il s'agit de calcaires gréseux à forte recristallisation des carbonates (à majorité calcitique), pouvant même avoir quelques pourcents de dolomie. L'analyse minéralogique à la DRX donne, dans l'ordre d'abondance: calcite, quartz et dolomie.

3.1.3 Grès calcaires (à ciment resp. matrice calcitique)

Ce sont des roches clastiques de couleur variable, allant du gris clair au gris foncé pour les parties altérées et du jaune au marron pour les parties non altérées. La granulométrie varie de fine à grossière (0.125 mm à 2 mm), la structure est massive ou litée. Des fragments de roches sédimentaires peuvent être reconnues à la loupe, ainsi que des substances organiques ou de la pyrite (couleur jaune, éclat métallique). L'analyse minéralogique et l'analyse au microscope polarisant montre des éléments plus ou moins abondants comme des minéraux (quartz, feldspath potassique, plagioclase), des fragments de roches diverses (sédimentaires, métamorphiques, magmatiques) et des fossiles/bioclastes dans un ciment/une matrice calcitique. Le quartz est normalement le composant le plus abondant et se présente sous forme de cristaux monocristallins et polycristallins. La glauconie et des minéraux opaques appartiennent aux composants mineurs. Quelques grès contiennent en outre de la dolomie, du mica et/ou de la chlorite.

3.1.4 Roches cristallines (magmatiques et métamorphiques)

Ces roches ont des couleurs différentes et ne réagissent pas à l'HCl. Une pointe métallique ne les raye pas facilement. Les analyses microscopiques et minéralogiques, combinées à l'analyse macroscopique, permettent d'identifier plus précisément les différents types de roches cristallines (Annexe I). Dans les roches magmatiques, plusieurs exemples de roches intrusives et effusives ont pu être mis en évidence : granite, granodiorite, trachyte, basalte. Les pavés en roches métamorphiques sont des quartzites, des amphibolites, des serpentinites, des gneiss, des méta-arénites ou des méta-granites. La quartzite est le lithotype le plus abondant pour les pavés formés à partir de galets. Ils ont une couleur jaune/orange, une granulométrie très fine et sont très lisses et très durs.

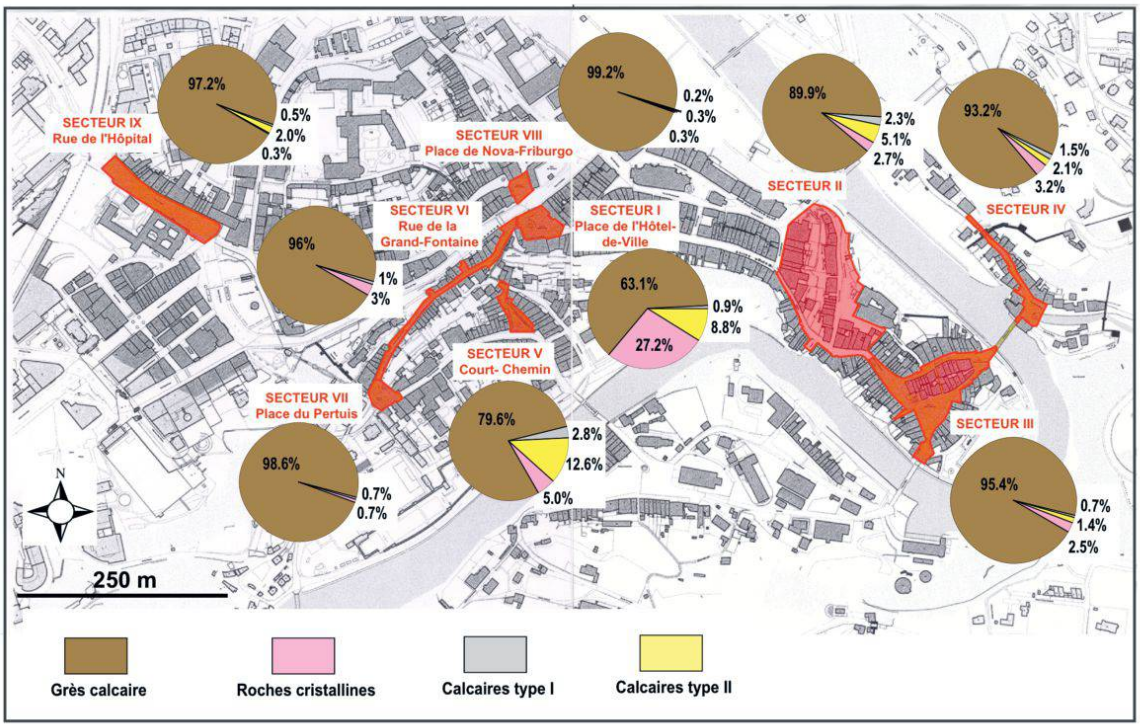


Fig. 4: ***Catégories lithologiques et leurs pourcentages (fromages) pour chaque secteur. La dominance des grès calcaires est nettement visible. État au mois de juin 2004.***

Les histogrammes de l'annexe II renseignent sur la composition pétrographique qualitative et quantitative de tous les carrés de chaque secteur. On y voit très clairement que la grande majorité des pavés de la Ville de Fribourg est en grès calcaire (Figs. 4 et 5).

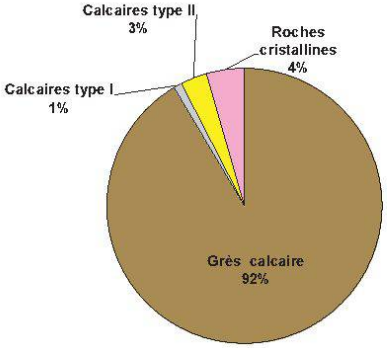


***Fig. 5:* Synthèse des 207 carrés analysés. Le fromage montre très clairement l'abondance des grès calcaire durs dans les pavements de la ville. État au mois de juin 2004.**

Deux secteurs, les secteurs I (Place de l'Hôtel-de-Ville) et V (Court-Chemin), ont une composition pétrographique légèrement différente des autres. Les 27% de roches cristallines dans le premier secteur s'expliquent par le fait que le repavement récent de la partie ouest a été fait en utilisant du matériel cristallin (granodiorite) du Portugal (Fig. 6). La forte proportion en calcaires de type II de ce secteur et du secteur V est due à l'utilisation de galets de rivière (Figs. 6 et 7). En outre, la fig. 7 et l'annexe II apportent quelques corrections aux vues de BOLLIN (1996, p. 33). Un exemple: le bras du Court-Chemin n'est pas fait exclusivement en pavés rectangulaires de grès siliceux de Tatüre, mais en galets de rivière + pavés de carrière. Par contre, les deux zones de pavement autour de la fontaine de la Force furent correctement analysées par cet auteur.

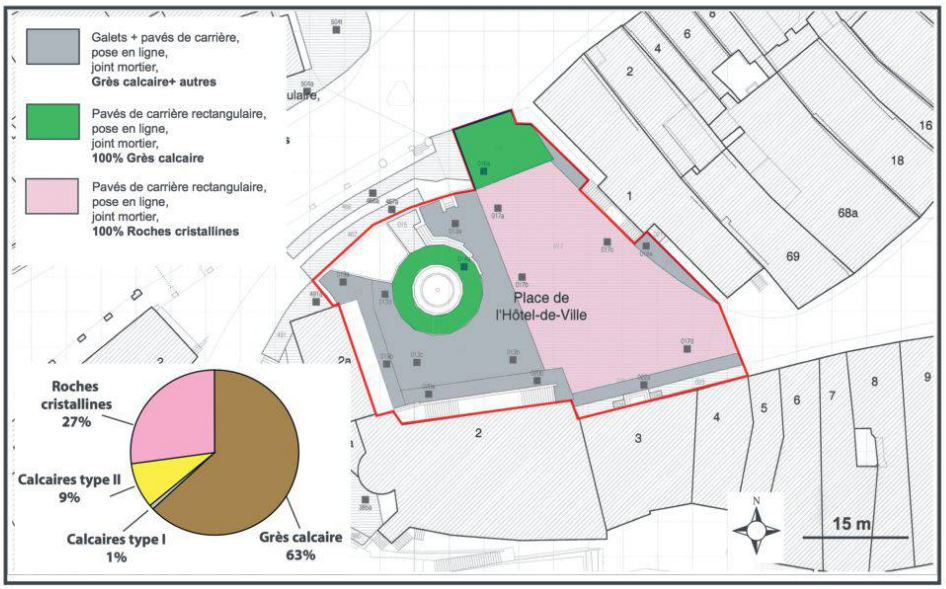


***Fig. 6:* Catégories lithologiques et types de pavement pour le secteur I, Place de l'Hôtel-de-Ville. État au mois de février 2004.**

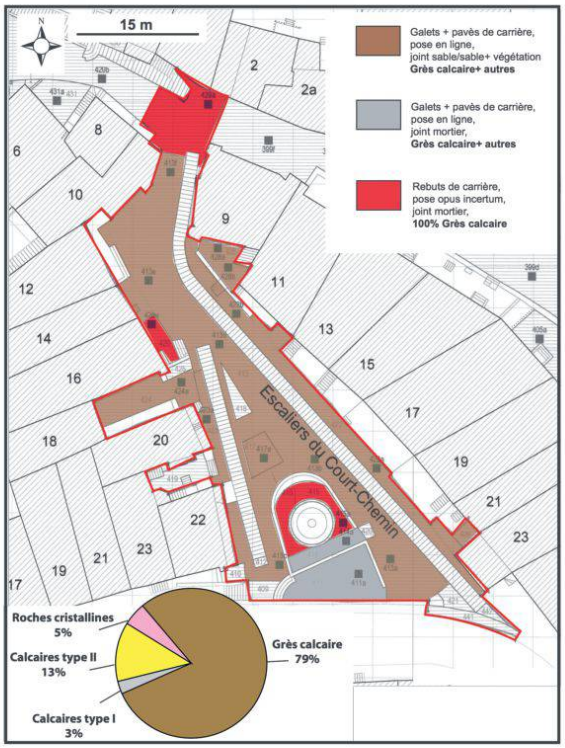


Fig. 7: ***Catégories lithologiques et types de pavement pour le secteur V, Court-Chemin. État au mois de février 2004.***

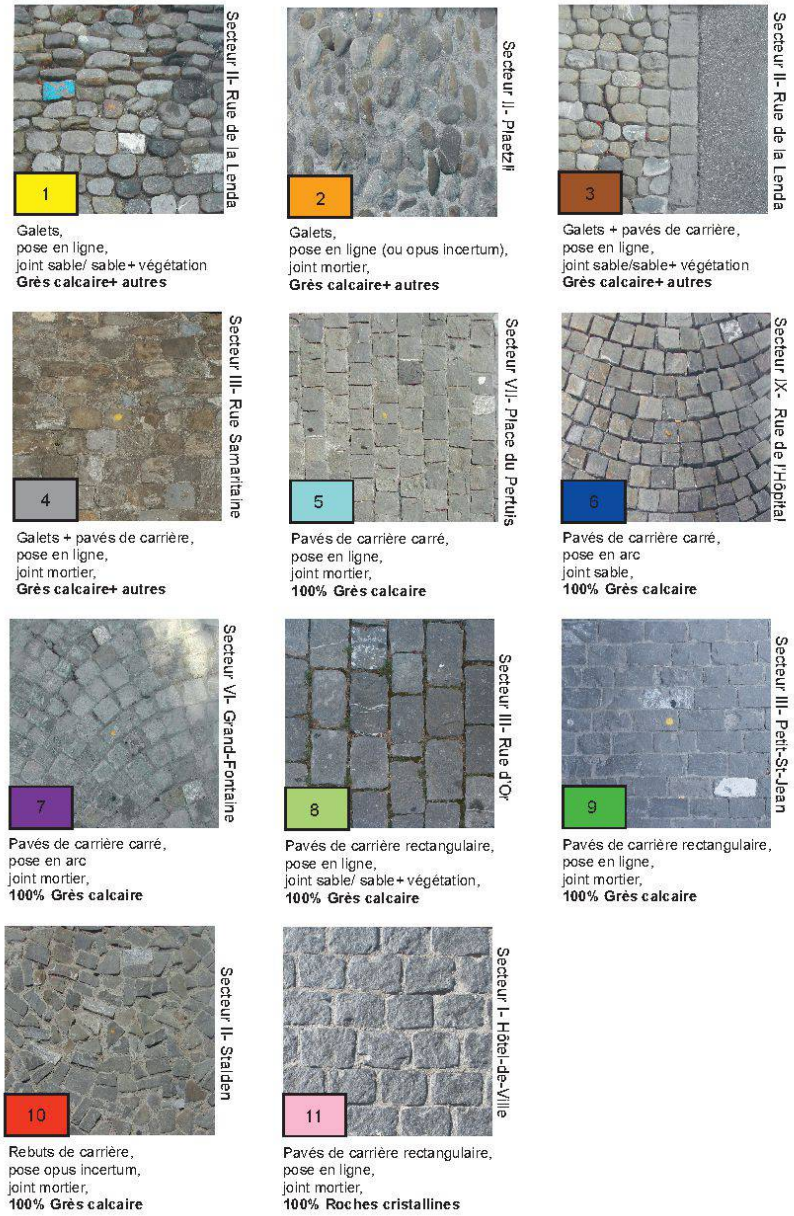
3.2 Relations entre les lithotypes et les formes des pavés

Les pavés de la Ville de Fribourg ont soit une forme arrondie, soit anguleuse. Les pavés arrondis (roulés, fendus ou refendus) sont des galets que les paveurs ont choisi dans les alluvions des rivières Gérine et Sarine. Ces alluvions sont constituées: (1) Par des fragments de roches entraînés par les fleuves en amont, p. ex. des calcaires des Préalpes ou des grès calcaires durs de la nappe du Gurnigel; (2) Par des fragments de grès calcaires tendres de la Molasse du Plateau Suisse, le substratum rocheux où coule la Sarine aux alentours de la ville ; (3) Par des matériaux morainiques que la Gérine et la Sarine ont récoltés, p. ex. des roches cristallines du Valais, amenées par le glacier du Rhône lors des grandes glaciations. Cette catégorie (galets des rivières) est constituée par des grès calcaire, des calcaires de type I et II et des deux types de roches cristallines (granite, quartzite, gneiss, amphibolite, serpentine, méta-arénite/-granite). La grande variabilité des pavés provenant des rivières trouve ainsi son explication. Les pavés anguleux proviennent de carrières et ont soit une forme régulière carrée ou rectangulaire, soit des formes irrégulières (rebuts de carrière). Cette catégorie est constituée par des grès et des roches magmatiques (Figs. 6 et 7). Les pavés de carrière de nature magmatique n'ont été repéré que dans trois endroits: Place de l'Hôtel de Ville (granodiorite, carré 17b); Place Jean-Francois Reyff, devant le restaurant (trachyte, carré 328a) ; Rue d'Or (basalte, carré 330e). Il s'agit de remplacements récents de pavés.

3.3 Typologie des pavements

11 types de pavements différents peuvent être distingués en Ville de Fribourg (Fig. 8). Ceux-ci se différencient par:

- La provenance (galets de rivière, pavés de carrière carrés, pavés de carrière rectangulaires, pavés de carrière carrés + rectangulaires, rebuts de carrière, galets + pavés de carrière)
- La pose (en ligne, *opus incertum*, en arc)
- Le joint (sable, sable + végétation, mortier)
- La catégorie lithologique (100% grès, 100% roches cristallines, grès et autres)



<u>Fig. 8:</u> Typologie des pavements en Ville de Fribourg. Dimensions des photos 1m x 1m.

Les figures 6 et 7 ainsi que l'annexe III renseignent sur la distribution spatiale de ces types dans les différents secteurs. La plupart des carrés appartient au type mixte (pavés de galets + pavés de carrière) ou au type 100% pavé de carrière, les carrés en pavés de galets de rivière étant très

minoritaires. Ces pavements à galets sont, du point de vue historique particulièrement intéressant (voir infra), car ils peuvent représenter des restes de pavements anciens, antérieurs à ceux avec des pavés de carrière. Les pavements mixtes peuvent témoigner du recyclage d'anciens pavés à galets dans un pavement nouveau ou du remplacement des anciens pavés avec des pavés de carrières plus récents.

4. Discussion

4.1 Provenance

Les pavés arrondis ont une source locale, car ils ont été extraits des alluvions de la Gérine ou de la Sarine. Les pavés de carrière sont, exception faite des trois types de pavé magmatique (secteur I et III), tous en grès calcaire dur. MAGGETTI et al. (2012) ont recensé 35 carrières de grès calcaires durs sur sol fribourgeois. Ces carrières exploitaient les grès de la Molasse subalpine d'une part, et ceux de la nappe du Gurnigel (Flysch) d'autre part. Quatre carrières à pavé furent actives dans les grès de la Molasse subalpine et six dans le Flysch. Les grès calcaires durs du Flysch correspondent aux *grès siliceux* de BOLLIN (1996). L'étude microscopique et minéralogique (diffractométrie aux rayons-X) a pu mettre en évidence des différences majeures entre ces deux types de grès (MAGGETTI et al., 2012). Ceux de la Molasse subalpine ont de la dolomie, du mica clair grossier, des minéraux argileux et peu de glauconie. Par contre, les grès du Flysch n'ont ni dolomie, ni minéraux argileux, mais de la glauconie globulaire. On pourrait douter des analyses, en postulant que la dolomie aurait été lessivée dans les parties externes altérées d'un pavé en molasse subalpine. Or un lessivage peut être exclu, car la dolomie est présente même dans ces parties altérées. L'analyse microscopique de la plupart des pavés en grès dur a montré l'absence de micas clairs et de fragments de dolomie. Par contre, de la glauconie fût détectée dans la majorité de cas. L'analyse aux rayons-X de 144 pavés en grès dur confirme ces résultats, car le minéral dolomie n'a pu être mis en évidence que dans 25 cas, dont douze appartenant aux grès du type pavé de rivière arrondi. Ces douze pavés à dolomie dérivent donc de la Molasse Subalpine resp. des alluvions de la Gérine ou de la Sarine. Par contre, la grande majorité des pavés de carrière en grès dur ne contient pas de dolomie. Dès lors, ces pavés sont originaires des carrières de la région du Flysch. Mais une minorité de treize pavés de carrière à dolomie a sa source dans la Molasse Subalpine.

4.2 Essai de datation de la pose des pavés de carrière à grès calcaire dur

Selon les documents d'archives, le pavage des rues et des places de la Ville de Fribourg débuta en 1385 et continua jusqu'à la première moitié du 15e s. (STRUB 1964, p. 54). En guise d'exemple, la Rue des Forgerons fût pavée en 1407 et celle de la Grand-Fontaine en 1410. Combien de ces vieux pavements ont subsisté jusqu'à notre ère? En l'absence de documents écrits, rien ne peut être dit de précis sur la date de la pose d'un des pavements étudiés. Mais il est fort probable que les pavés de galets de rivière qu'on retrouve actuellement dans beaucoup de pavements fribourgeois datent du premier pavage du 15e s. En effet, on s'imagine mal que ce matériel précieux et durable aurait été jeté et qu'il n'aurait pas été recyclé dans les nouveaux pavements ou dans les réparations d'anciens pavements. Pour les pavés de carrière en grès calcaire dur, la situation est plus simple. On sait que la Molasse subalpine fût utilisée pour la confection de ce type de pavé depuis approximativement 1850 jusque vers 1930, et les grès du Flysch, exception faite de la carrière de Zollhaus, depuis les années 1920 jusqu'à l'heure actuelle (MAGGETTI et al. 2012). Les pavements à grès calcaire durs de la Ville de Fribourg, dont l'origine « flyschoise » a été démontrée dans les chapitres précédents, doivent donc être postérieurs aux premières décennies du XXe siècle.

4.3 Matériel de remplacement

Des pavés cassés et des pavements détériorés sont à remplacer et à réparer. Pour cette opération, et si on veut respecter l'authenticité du matériel à remplacer ou à réparer, on aura recours aux matériaux anciennement utilisés ou trouver des substituts analogues. Ces questions ont été traitées par CHIAVERINI & ZWICK (2009) pour les pavés de galets, et par CHIAVERINI (2005), FRITZ et al. (2007) et MAGGETTI et al. (2008) pour les pavés de carrière. Pour ces derniers, et si on veut rester dans la région, le Canton de Fribourg offre des réserves importantes en grès du Flysch, exploités actuellement par une seule carrière, celle de Cerniat/Tatüren. Les pavés du même type lithologique de la carrière Guber à Alpnach pourraient aussi être utilisés. Malheureusement, la situation est beaucoup plus grave pour les pavés de galets, car les alluvions récentes sont d'accès difficile, ont un faible potentiel et leur exploitation est plus compliquée.

5. Conclusion

Les précédents chapitres ont bien montré qu'il fallait, pour dresser l'inventaire pétrographique des pavements de la Ville de Fribourg, développer un concept de la stratégie de recherche, en définissant 9 secteurs, divisés en 207 carrés. Ces carrés furent levés en détail, en choisissant 361 échantillons, dont 300 étudiés au microscope polarisant et 192 passées aux Rayons-X. Les pavés de la Ville sont en majorité des grès calcaires durs (92 %), le reste des roches cristallines (4%) ainsi que des calcaires de type II (3%) et de type I (1%). La plupart des pavés, c.à.d. ceux de carrière en grès calcaire dur, provient des carrières situées dans les parties du Canton de Fribourg où affleurent les grès du Flysch. La pose de ce type de pavé est assez récente, car ces carrières n'ont débuté leur activité que vers 1920. Le spectre lithologique des pavés de galets de rivière est grand et englobe des quartzites, des grès calcaires durs du Flysch, des granites, des gneiss, des amphibolites, des calcaires type I et II et des serpentinites. Ces roches dérivent des alluvions récentes de la Gérine et de la Sarine qui rassemblent des lithotypes affleurants dans le lit de ces deux rivières ainsi que du matériel des moraines rhodaniennes et locales lessivées. Les paveurs ont trié ces affleurements en ne choisissant que des roches dures. La pose de ces pavés est difficilement datable, mais il est très probable qu'une grande partie de ces pavés à galets est reliquaire du premier pavage du début du 15e s., parfois re-utilisée dans des pavements plus récents.

Remerciements

Ce travail a été financé et réalisé de septembre 2003 à décembre 2004 dans le cadre du projet CTI *RRI Restauration-Rekonstruction-Innovation: Zur Frage der Sanierung von Strassen- und Platzpflästerungen in mittelaterlichen Kernzonen Schweizer Städte: Eine fachübergreifende Studie am Beispiel der Stadt Freiburg* (Nr. 6568.1 FHS-ET), projet dirigé par le prof. M. Fritz de l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg. Nous remercions aussi l'université de Fribourg pour sa contribution financière (Subside 216, Fonds de la Fondation de recherche UNIFR). Nous remercions toutes ces personnes qui nous ont grandement aidé dans notre travail: Baschung M., Bourqui J.-P., Bruegger N., Fritz M., Jaquerod, G., Zwick P. ainsi que A.-M. Garret pour la traduction de l'abstract.

Bibliographie

BOLLIN, R. (1996): Pierres naturelles à Fribourg - Natursteine in Freiburg. - Musée d'histoire naturelle, Fribourg - Naturhistorisches Museum Freiburg.

CHIAVERINI, J. (2003): Étude scientifique de trois échantillons de pavage de la Rue de l'Hôpital, Ville de Fribourg. Rapport inédit du projet CTI Nr. 6568.1 FHS-ET.

CHIAVERINI, J. (2005): Pierres de substitution de pavés de carrière.- Rapport inédit du projet CTI Nr. 6568.1 FHS-ET.

CHIAVERINI, J. & ZWICK, P. (2009): Matériel de remplacement des pavés à galets du centre historique de Fribourg. Prospection des alluvions de la Sarine. Rapport inédit du projet CTI Nr. 6568.1 FHS-ET.

FRITZ, M., BASCHUNG, M. & JAQUEROD, G. (2007): Rapport final de l'étude de cas pratique « rue de la Grand-Fontaine », novembre 2005 et mars 2007.- Rapport inédit, Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg.

GILLIERON, V. (1885): Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris dans la feuille XII entre le lac de Neuchâtel et la crête du Niesen. - Mat. Carte géol. Suisse, 18è livr.

MAGGETTI, M., MAGGETTI, M., CHIAVERINI, J. & SERNEELS, V. (2012): Hartsandsteinbrüche für Pflastersteine des Kantons Freiburg.- Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., ce volume.

STRUB, M. (1964): Les Monuments d'art et d'histoire de canton de Fribourg.- Tome I, La ville de Fribourg, Birkhäuser Bâle.

***Tab. 1*: Secteurs analysés, localisation, nombre de carrés, nombre d'échantillons prélévés et nombre d'analyses effectuées. DRX = Diffraction aux Rayons-X.**

Secteurs	Localisation	Carrés	Échantillons	Analyses	
				Microscopiques	DRX
I	Place de l'Hôtel-de-Ville	16	31	23	12
II	Passage des Augustins, Plaetzli, Rue de la Lenda, Stalden	17	54	20	22
III	Auge: Place Jean-François-Reyff, Place du Petit-St-Jean, Rue d'Or, Rue de la Samaritaine, Ruelle des Tisserands	79	123	123	61
IV	Rue des Forgerons, Rue de la Palme	28	44	44	27
V	Court-Chemin	18	60	41	52
VI	Rue de la Grand -Fontaine	7	7	7	2
VII	Place du Pertuis	7	7	7	1
VIII	Place de Nova-Friburgo	9	13	13	5
IX	Rue de l'Hôpital	26	22	22	10
	Total	**207**	**361**	**300**	**192**

Annexe I: Typologie des roches cristallines par carré.

carré	éch.	typologie
I- PLACE DE L'HOTEL-DE-VILLE		
13d		métamorphique-quartzite
17a		magmatique-granodiorite
17b	1	magmatique-granodiorite
17c		magmatique-granodiorite
17d	1	magmatique-granodiorite
19a		métamorphique-quartzite
19b		métamorphique-quartzite
20a		métamorphique-quartzite
20b		magmatique-granite
20b		métamorphique-quartzite
22a		métamorphique-quartzite

VI- RUE DE LA GRAND-FONTAINE		
462a		métamorphique-gneiss
462a		métamorphique-quartzite
462b	1	métamorphique-ortogneiss

VII- PLACE DU PERTUIS		
455a		magmatique-granite
455a		métamorphique-quartzite

VIII- PLACE DE NOVA-FRIBURGO		
504g		métamorphique-quartzite
548a		métamorphique-quartzite

IX- RUE DE L'HOPITAL		
231a		métamorphique-quartzite
231c		métamorphique-serpentinite
231c		métamorphique-quartzite
233a	4	métamorphique-méta arénite
239a		métamorphique-quartzite

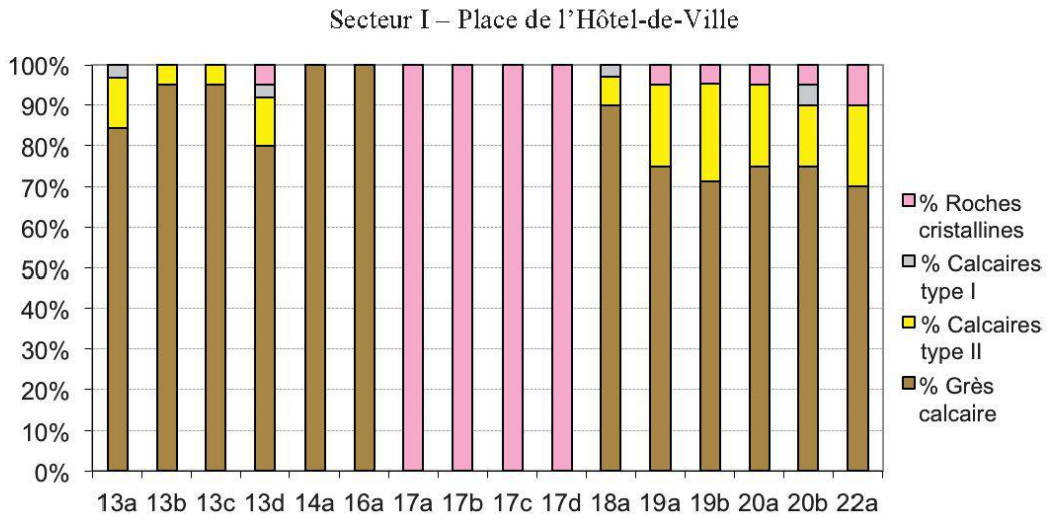
carré	éch.	typologie
II- AUGUSTINS-LENDA-STALDEN		
39b	3	métamorphique-quartzite
39a		magmatique-granite
39a		métamorphique-gneiss
39a		métamorphique-quartzite
39a		métamorphique-méta arénite
39b		métamorphique-quartzite
45a		métamorphique-méta arénite
45a		métamorphique-quartzite
45b	1	métamorphique-méta arénite
45b	3	métamorphique-quartzite
45b		métamorphique-serpentinite
47a		métamorphique-quartzite
48a		métamorphique-méta arénite
48a		métamorphique-quartzite
48b		métamorphique-quartzite
54a		métamorphique-quartzite
54b		métamorphique-quartzite
54c		métamorphique-quartzite
54d		métamorphique-quartzite

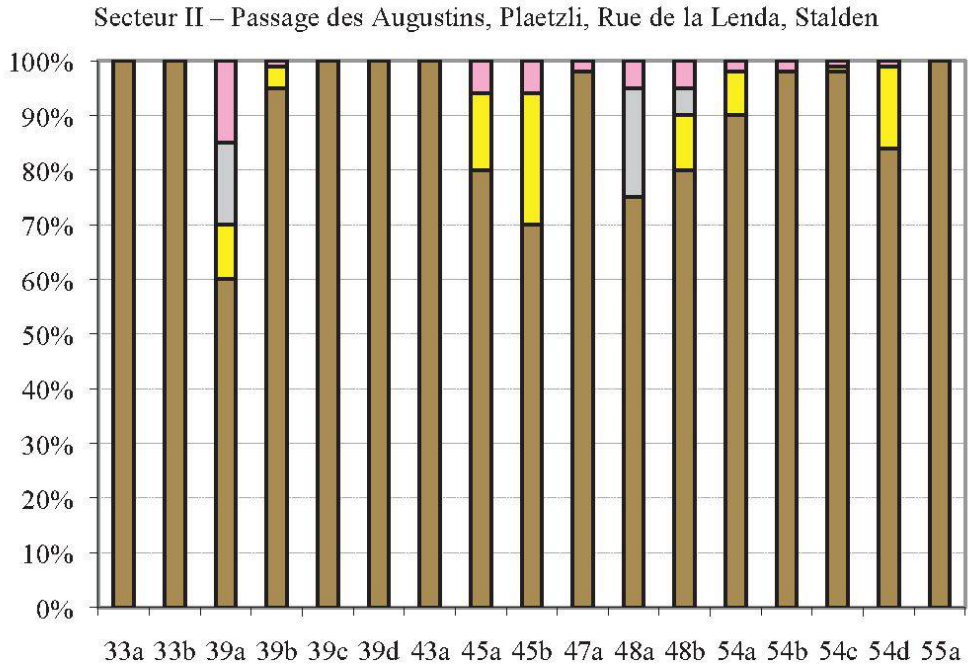
carré	éch.	typologie
III-AUGE		
307a		métamorphique-quartzite
307b	3	métamorphique-méta granite
307b		métamorphique-quartzite
318c		métamorphique-quartzite
325a	3	métamorphique-méta granite
325a	2	métamorphique-méta granite
325a		magmatique-granite
325a		métamorphique-quartzite
325b		métamorphique-méta granite
325b		métamorphique-quartzite
325b		magmatique-granite
325c		métamorphique-quartzite
325d		métamorphique-serpentinite
325e	1	métamorphique-méta arénite
325e		magmatique-granite
325e		métamorphique-quartzite
325f		magmatique-granite
325f		métamorphique-quartzite
328a	1	magmatique-trachite
330a		magmatique-basalte
330b		magmatique-basalte
330c		magmatique-basalte
330d		magmatique-basalte
330e	3	magmatique-basalte
330f		magmatique-basalte
69c		métamorphique-quartzite
75a	1	métamorphique-méta arénite
75b		métamorphique-quartzite
75b		magmatique-granite
76a		magmatique-granite
76a		métamorphique-quartzite
76b		métamorphique-méta arénite
84b		métamorphique-méta arénite
84b		métamorphique-quartzite
84c		magmatique-granite
84c		métamorphique-quartzite

carré	éch.	typologie
IV- FORGERONS-PALME		
355a		métamorphique-quartzite
355a		magmatique-granite
357a		magmatique-granite
357a	4	métamorphique-ortogneiss
357a	5	métamorphique-gneiss
357a		métamorphique-quartzite
357b	1	métamorphique-méta arénite
357b	2	métamorphique-gneiss
357b		magmatique-granite
358a		métamorphique-quartzite
358a		métamorphique-serpentinite
358b		métamorphique-quartzite
366a		magmatique-granite
366b		magmatique-granite
366b		métamorphique-quartzite
366e	1	métamorphique-méta granite
366e		métamorphique-quartzite
366f		magmatique-granite
366f		métamorphique-quartzite
366g		magmatique-granite
366h	2	magmatique-granite
366h	1	métamorphique-méta arénite
366h		métamorphique-quartzite
371b		magmatique-granite
375a	3	métamorphique-méta granite
375a		magmatique-granite
375a		métamorphique-quartzite
377a		métamorphique-quartzite

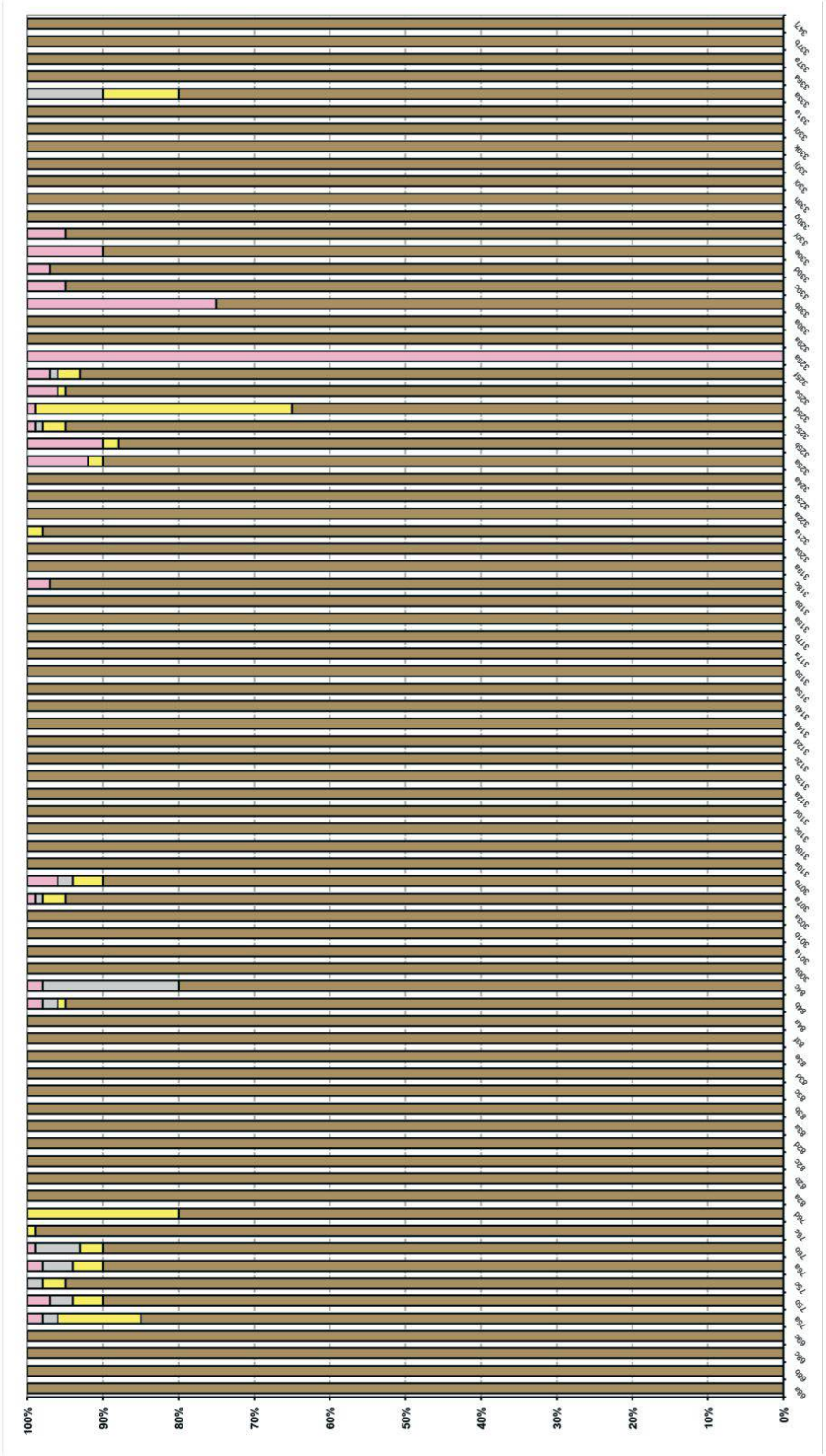
carré	éch.	typologie
V- COURT-CHEMIN		
411a		métamorphique-quartzite
413a		métamorphique-quartzite
413a		magmatique-granite
413b	4	métamorphique-méta arénite
413b		magmatique-granite
413b		métamorphique-quartzite
413c		métamorphique-quartzite
413d	1	métamorphique-méta arénite
413d		métamorphique-quartzite
413e		métamorphique-méta granite
413e		métamorphique-quartzite
413f	1	métamorphique-amphibolite
413f		métamorphique-quartzite
413f		magmatique-granite
422a	1	métamorphique-méta arénite
422a		métamorphique-quartzite
422b		métamorphique-quartzite
422b	5	métamorphique-méta arénite
422b		magmatique-granite
423a	2	métamorphique-méta arénite
423a		métamorphique-quartzite
424a		métamorphique-quartzite
424a		magmatique-granite
428a		métamorphique-quartzite
428a		métamorphique-méta arénite
428b	1	métamorphique-méta arénite
428b		métamorphique-quartzite
428b		métamorphique-serpentinite

<u>Annexe II</u>: Pourcentages de la composition lithologique de chaque carré par secteur.

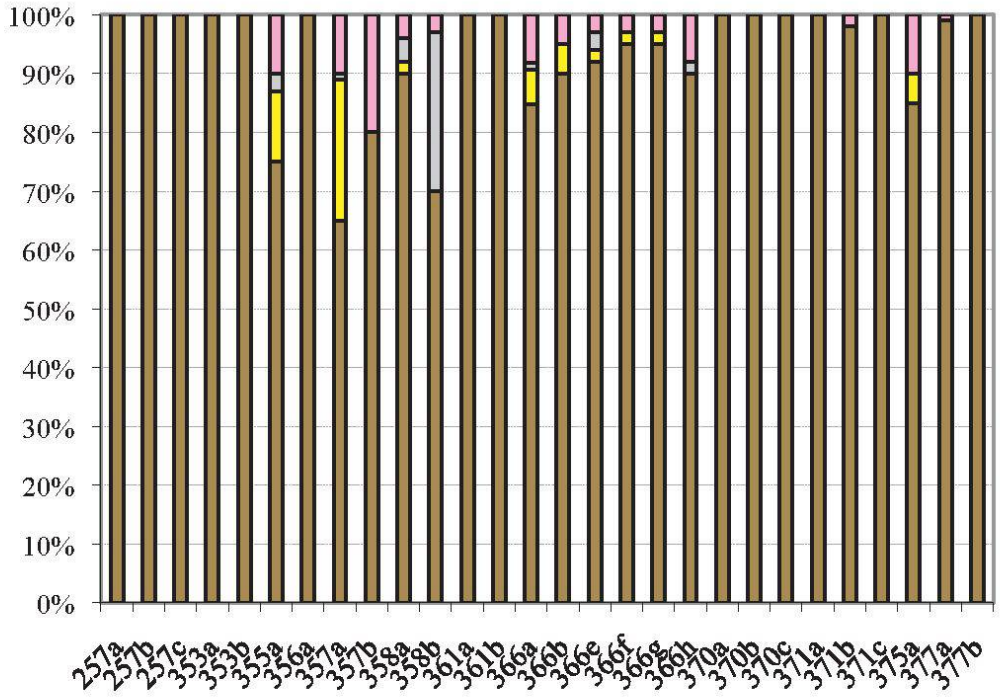




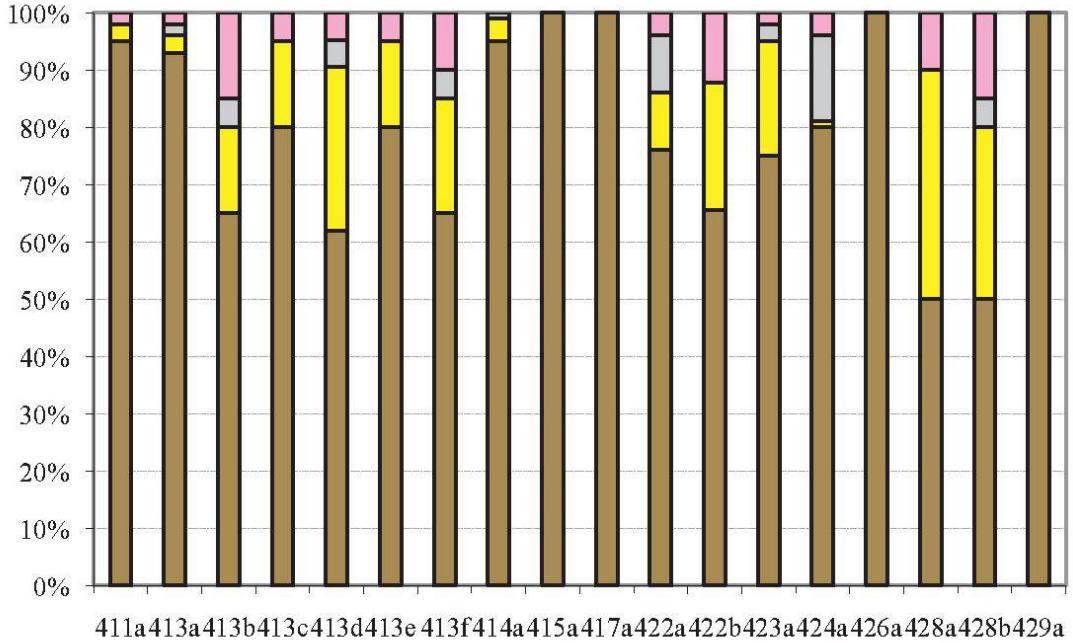
Secteur III – Auge : Place Jean-François-Reyff, Place du Petit-St-Jean, Rue d'Or, Rue de la Samaritaine, Ruelle des Tisserands



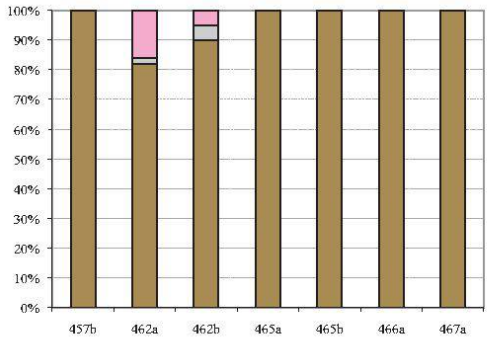
Secteur IV – Rue des Forgerons, Rue de la Palme



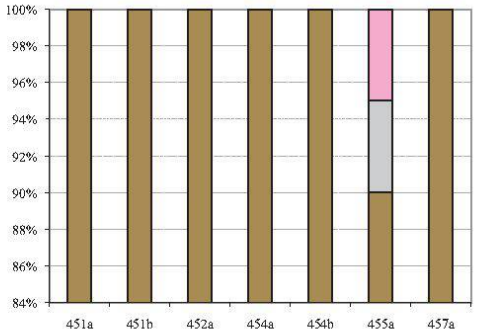
Secteur V – Court-Chemin



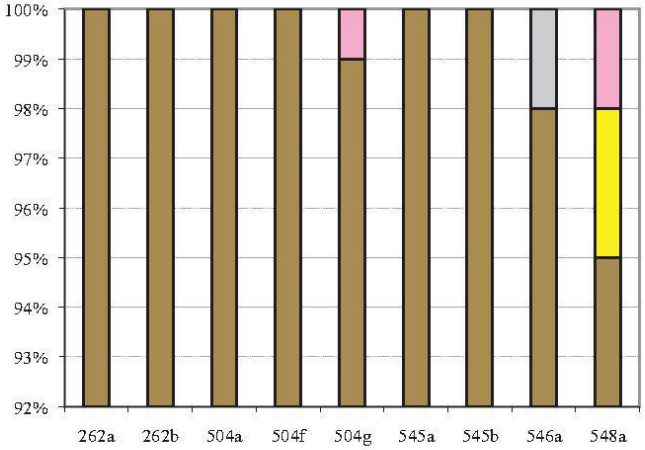
Secteur VI – Rue de la Grand-Fontaine



Secteur VII – Place du Pertuis



Secteur VIII – Place de Nova-Friburgo



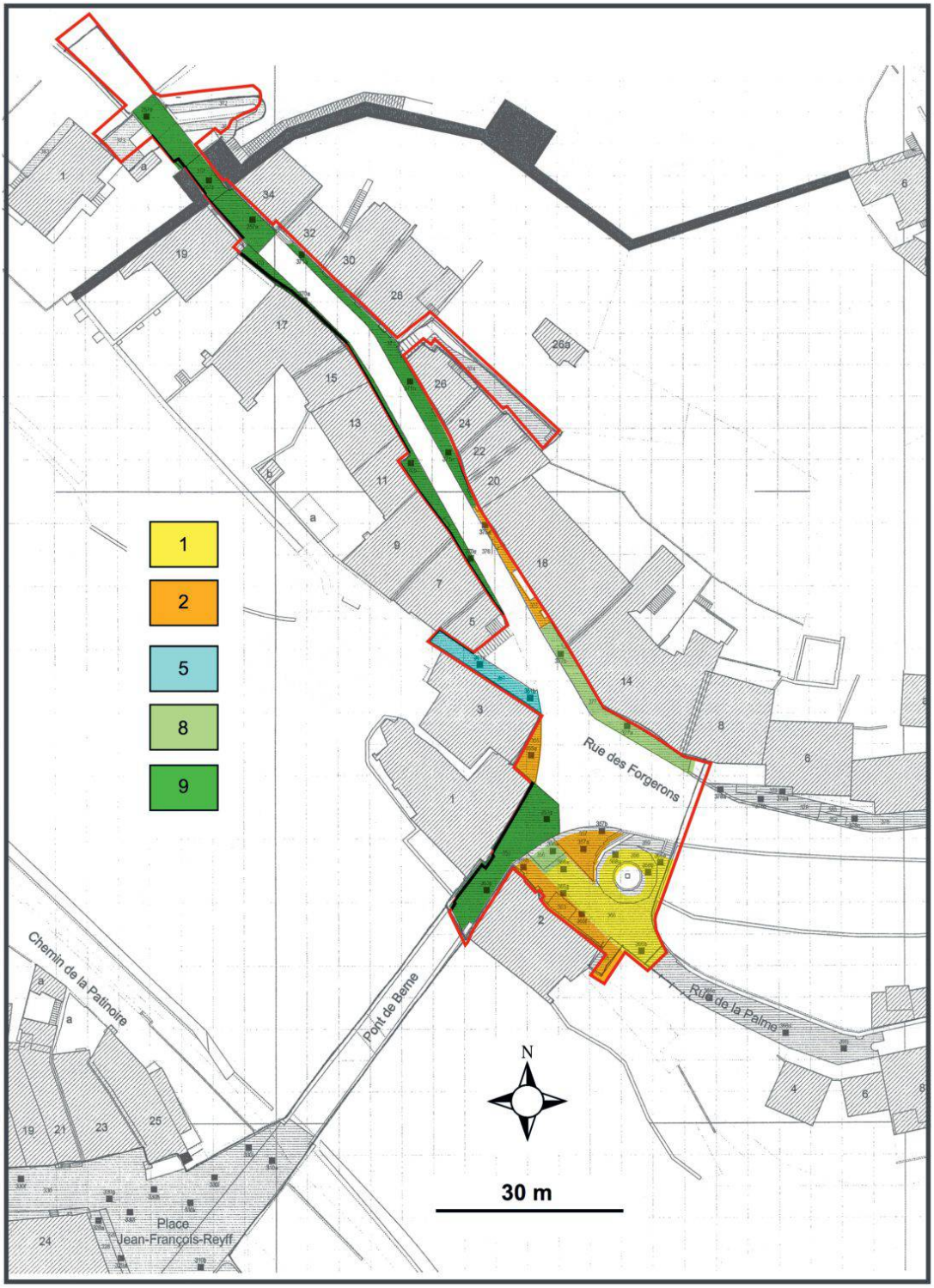
Secteur IX – Rue de l'Hôpital

<u>Annexe III</u>: Typologie des pavements par secteur. Légende cf. Fig. 8. Secteur I cf. Fig. 6, secteur V cf. Fig. 7.

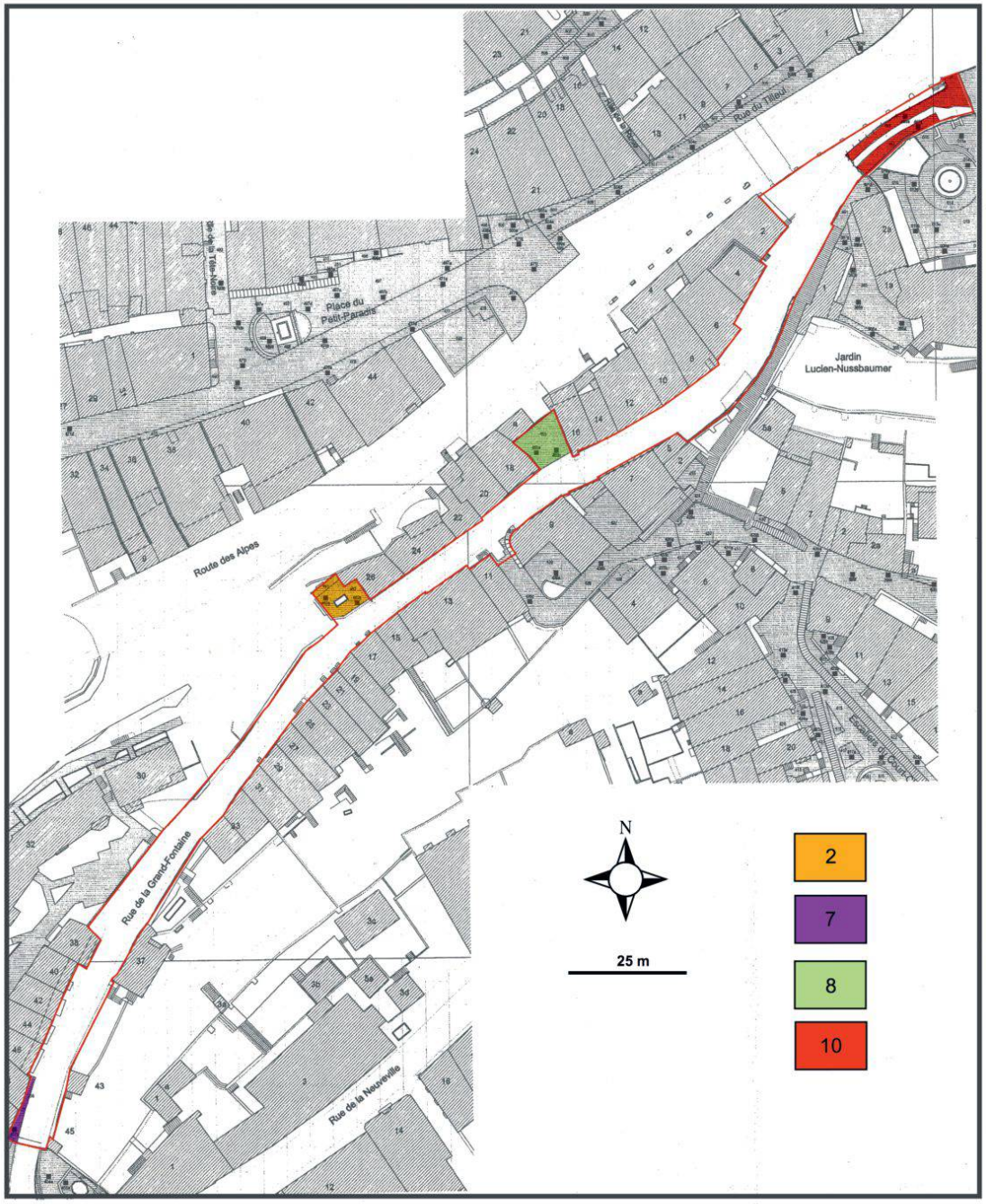
Secteur II – Passage des Augustins, Plaetzli, Rue de la Lenda, Stalden

Secteur III – Auge: Place Jean-François-Reyff, Place du Petit-St-Jean, Rue d'Or, Rue de la Samaritaine, Ruelle des Tisserands

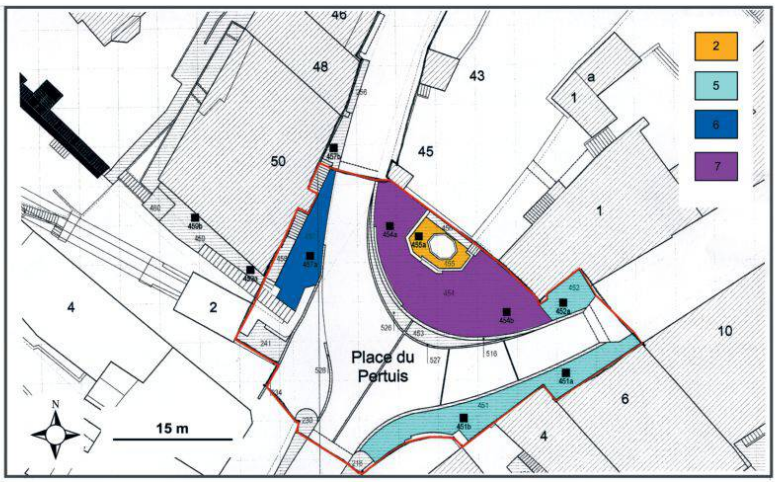
Secteur IV – Rue des Forgerons, Rue de la Palme



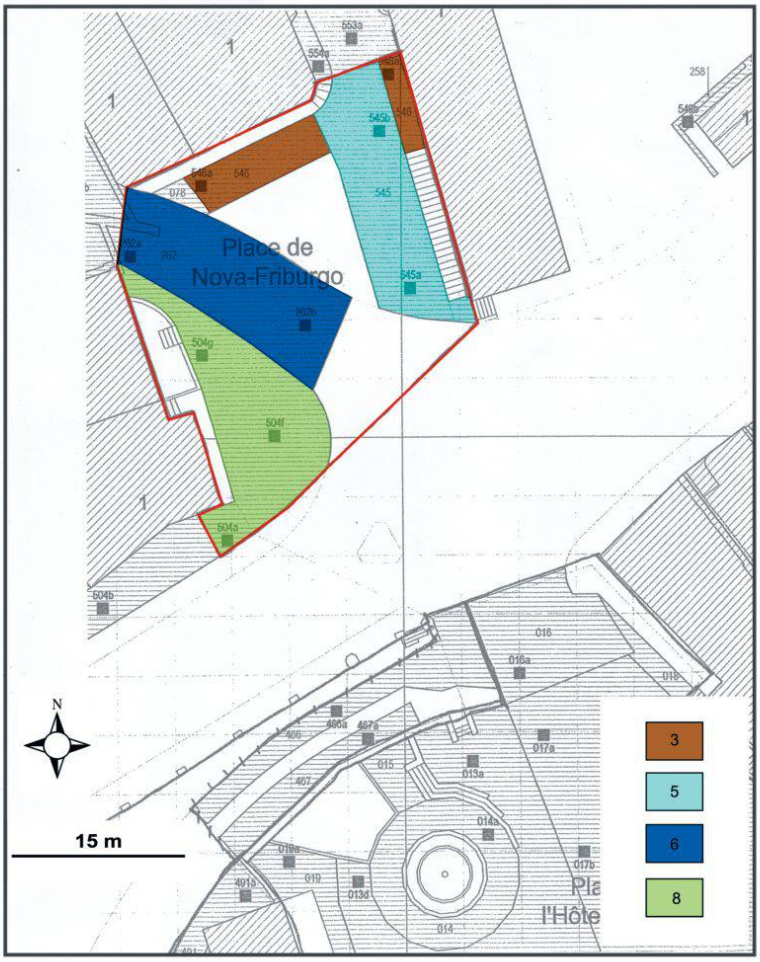
Secteur VI – Rue de la Grand-Fontaine



Secteur VII – Place du Pertuis



Secteur VIII – Place de Nova-Friburgo



Secteur IX – Rue de l'Hôpital