

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

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 104 (2015)

Artikel: Les catelles de trois poêles du XVIIIe siècle de la maison Grand-Rue 59 à Fribourg

Autor: Maggetti, Marino / Bourgarel, Gilles / Serneels, Vincent

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-583335>

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: 29.01.2026

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

Les catelles de trois poêles du XVIII^e siècle de la maison Grand-Rue 59 à Fribourg

MARINO MAGGETTI¹, GILLES BOURGAREL², VINCENT SERNEELS¹ et GREGOR KOZLOWSKI³

¹ Département des Géosciences, Université, CH-1700 Fribourg

² Service archéologique de l'Etat de Fribourg (SAEF), CH-1700 Fribourg

³ Département de Biologie et Jardin botanique, Université, CH-1700 Fribourg

Résumé

Huit catelles de trois poêles du XVIII^e siècle de la maison Grand-Rue 59 de la ville de Fribourg furent soumises à des études archéologiques, archéométriques et botaniques. La décoration des trois poêles est exécutée aux couleurs de grand feu, soit avec des sujets noirs-bruns-violets (poêle 1), soit avec des bouquets de fleurs polychromes (poêle 2), soit avec des vues polychromes (poêle 3). L'identification des fleurs s'avéra une tâche difficile et n'était pas toujours concluante. Les catelles ont une haute teneur en CaO et sont, pour chaque poêle, chimiquement comparables. Celles du poêle no. 1 se différencient nettement des autres. L'absence d'une zone de réaction au contact glaçure-corps céramique témoigne pour toutes les catelles d'une double cuisson. La deuxième cuisson, c. à. d. celle du grand feu, eut lieu selon les résultats des analyses diffractométriques à des températures entre 950 und 1050°C. Les glaçures ont de fortes concentrations en SnO₂ (17-19 % poids). Celle des catelles du poêle 1 se situe tendanciellement aux valeurs supérieures et contient en outre beaucoup de cristaux de cristobalite, une phase qui cristallise à de très hautes températures. Cette sur cuisson est visible macroscopiquement dans l'abondance de petites bulles qui crèvent la surface de la glaçure. L'étude technologique ne montre pas de préparation spécifique des matières premières. Les catelles ont une autre composition chimique que la vaisselle de table de la manufacture fribourgeoise du Sauvage. Même s'ils se rapprochent chimiquement de celle des quelques catelles analysées à ce jour pour les manufactures fribourgeoises de J. R. STERN, A. NUOFFER ET J. B. NUOFFER, d'où l'on peut déduire leur production locale, le manque de concordance apparente empêche leur attribution sans faille à une de ces trois manufactures.

Zusammenfassung

Acht Ofenkacheln von drei verschiedenen Kachelöfen des 18. Jh. aus dem Hause Grand-Rue 59 der Stadt Freiburg i. Ue. wurden archäologisch, archäometrisch und botanisch untersucht. Die drei Öfen haben unterschiedliche Scharffeuer-Dekore und wurden mit monochromen schwarz-braun-violetten Sujets (Ofen Nr. 1), mit polychromen Blumenbouquets (Ofen Nr. 2), oder mit polychromen Veduten (Ofen Nr. 3), bemalt. Die botanische Zuschreibung der einzelnen Blumen ist schwierig und

nicht immer möglich. Alle Kacheln sind CaO-reich und für den einzelnen Ofen chemisch sehr ähnlich. Diejenigen des Ofens 1 unterscheiden sich aber deutlich von den anderen. Die scharfe Grenze zwischen Glasur und Scherbenkörper deutet für alle Kacheln auf einen zweimaligen Brand. Der letzte, sog. Garbrand, erfolgte gemäss diffraktometrischer Phasenanalyse bei Temperaturen zwischen 950 und 1050°C. Die SnO₂-Gehalte der Glasuren sind mit 17-19 Gew.% recht hoch. Die Glasur der Kacheln des Ofens Nr. 1 hat tendenziell mehr SnO₂ als die anderen und besitzt zudem einen markanten Gehalt an Cristobalit, eine Phase, die sehr hohe Temperaturen im keramischen Garbrand dokumentiert. Derart hohe Temperaturen sind schon makroskopisch in den unzähligen Glasur-Blasen angezeigt. Laut technologischer Analyse wurden die Tone ohne grosse Aufbereitung verwendet. Die Ofenkacheln stimmen in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht mit derjenigen des in Freiburg produzierten Fayencegeschirrs überein. Sie ähneln zwar den wenigen bisher untersuchten Ofenkacheln der freiburgischen Manufakturen J. R. STERN, A. NUOFFER und J. B. NUOFFER, sind demnach wohl lokaler Produktion, können aber keiner dieser Manufakturen zwingend zugeordnet werden.

Abstract

Eight tiles from three 18th century stoves of the residence Grand-Rue 59 in the town of Fribourg were analyzed by archaeological, archaeometrical and botanical means. The grand feu (in glaze) decorations differ, stove 1 showing monochrome black-brown-violet images, stove 2 polychrome flower bouquets and stove 3 polychrome landscapes. A correct botanical identification of the flowers is difficult. The tiles are calcium-rich and have similar compositions for the individual stoves. Stove 1 differs markedly in its chemical composition. The sharp boundary between the body and the glaze indicates a two firing cycle. The second (glaze or glost) firing reached 950-1050°C. The SnO₂ concentrations of the glazes are fairly high (17-19 wt. %). The tiles from kiln 1 have the highest tin oxide contents and are rich in cristobalite. This mineral documents very high glost temperatures, corroborated by the blistered glaze surface of these tiles. The technological study has revealed that the raw material used in the composition of the paste underwent little treatment. The studied tiles do not match the composition of the locally produced faience tableware. However, a local production of the eight studied tiles can be derived from the overall chemical similarities to the previously analyzed tiles of J. R. STERN, A. NUOFFER and J. B. NUOFFER. An unequivocal attribution to one of these manufactures is not possible since the differences are still high.

1. Introduction

L'histoire et la typologie des poêles fribourgeois, du XIV^e au XVIII^e siècle, ont été traitées en détail par TORCHE-JULMY (1972/73, 1979a, b, 2000) et BOURGAREL (2003, 2004, 2007, 2011, 2013a, b). Il en ressort clairement que la poêlerie fribourgeoise trouva son apogée au XVIII^e siècle, période où les ressources financières des classes

aisées permirent la restauration d'anciennes maisons patriciennes ainsi que la construction de nouveaux hôtels particuliers en ville et de nouvelles résidences en campagne. Le gouvernement, le clergé et les couvents s'allierent eux aussi à cette vague de renouveau architectural. Les aménagements intérieurs des maisons rénovées ou nouvellement construites étaient complétés par l'installation d'une multitude de poêles, car il fallait chauffer toutes les pièces habitables. On favorisa le poêle comme instrument de chauffage par rapport à la cheminée de feu, même s'il était plus onéreux, car il consommait moins de combustible, le bois étant rare et coûteux, et parce qu'il diffusait la chaleur pendant une très longue durée. Pour le canton de Fribourg et tout au long du XVIII^e siècle, TORCHE-JULMY (1979a) recensa 36 poêliers ou potiers de terre. Les trois plus importants poêliers de la ville et du canton de Fribourg étant JEAN-RODOLPHE (RUDOLF) STERN, ANDRE NUOFFER et JEAN-BAPTISTE NUOFFER (Fig. 1). Les poêles fribourgeois sont décorés avec des couleurs du type grand feu, d'abord monochromes (bleu, brun-violet ou vert), et ensuite polychromes à partir des années 1760-65 (A. NUOFFER; TORCHE-JULMY 1979A, cat. 122, 123) et 1768 (J. R. STERN; TORCHE-JULMY 1979a, cat. 63).

Les catelles fribourgeoises du XVIII^e siècle sont des faïences. On entend sous cette dénomination une terre cuite poreuse, recouverte partiellement ou totalement par une glaçure blanche opaque, celle-ci pouvant être décorée ou non. La blancheur et l'opacité de la glaçure plombifère sont dues à la présence de milliers de microcristaux de cassitérites (oxyde d'étain SnO₂). Cette technique fût inventée en Mésopotamie au IX^e siècle et se répandit rapidement en Europe (HEIMANN & MAGGETTI 2014, part II, chapitre 13). Les caractéristiques traditionnelles des faïenceries avoisinantes à la Suisse ont été présentées dans plusieurs études où l'accent a été mis soit sur les aspects techniques et archéométriques de la vaisselle de table (ROSEN 1995, 2009, MAGGETTI 2007b, 2012, 2015b), soit sur l'analyse des recettes de glaçure françaises du XVIII^e siècle (MAGGETTI 2013b), soit sur la technique des catelles de poêle (SCHREIBER 1973, ROTH KAUFMANN et al. 1994, FRÜH 2005, ROTH HEEGE 2012, SCHNYDER 2012). Les recettes des glaçures et des couleurs ont été discutées pour la vaisselle en faïence (Allemagne: MAGGETTI 2015a / France: MAGGETTI 2013b / Hollande: LAMBOOY 2013 / Suisse: FELCHLIN 1971), et pour les poêles en faïence (Allemagne et Autriche: MATTHES 2013 / Suisse: *Berne*, STAHELIN 1970, BOSCHETTI-MARADI 2006, MATTHES 2013; *Steckborn*, FREI 1932, FRÜH 2005; *Winterthur*: MATTHES 2013).

2. Les catelles fribourgeoises du XIII^e au XVIII^e siècle

En 1979, MARIE-THERESE TORCHE-JULMY recensait 273 poêles antérieurs au XIX^e siècle dans le canton de Fribourg, mais sur ce nombre, seuls sept sont antérieurs au XVIII^e siècle dont un seul du XVI^e siècle. Depuis la fin des années 1980, les fouilles menées par le Service archéologique, essentiellement en milieu urbain, ont livré un

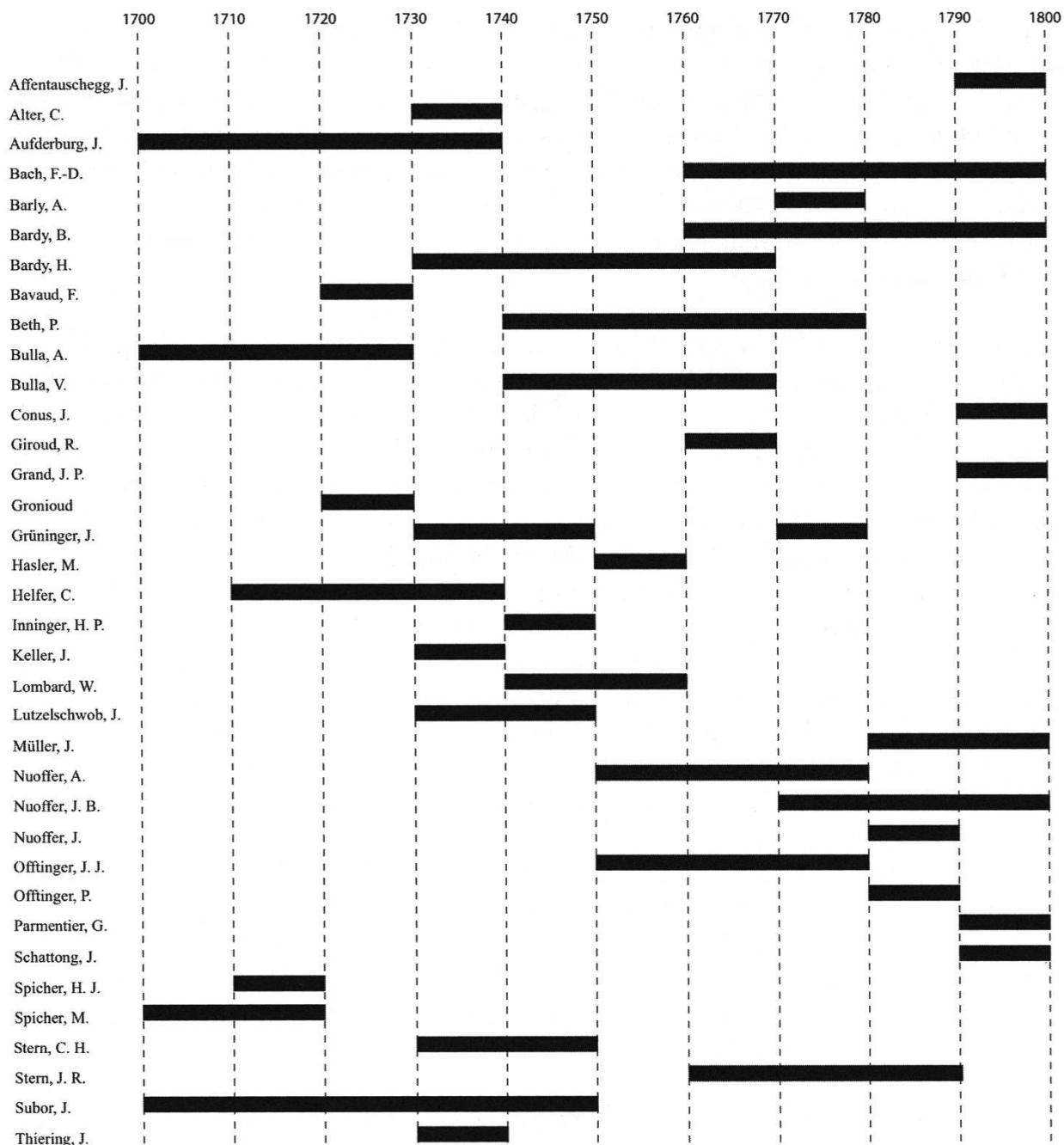


Fig. 1: Potiers et poêliers de terre actifs dans le canton de Fribourg au XVIII^e siècle (d'après TORCHE-JULMY 1979a, p. 269).

nombre considérable de catelles en grande majorité antérieures au XVIII^e siècle. De manière tout à fait logique, le nombre de catelles découvertes est inversement proportionnel à celui des poêles conservés. Ainsi plus de 500 décors moulés différents ont été répertoriés sur une période qui s'étend du XIV^e siècle au XVII^e siècle. Sur ce nombre seuls quelques-uns peuvent être attribués par comparaison à un atelier, et encore avec de sérieuses réserves car les modèles ont circulé, sur la base du poêle de l'ancien hôtel de ville de Lutry, conservé aujourd'hui au château de Chillon, réalisé en 1602 par le potier HENRI BEAUD actif à Fribourg de 1591 à 1610 (GRANDJEAN 1991), le seul poêle fribourgeois antérieur au XVIII^e siècle dont on connaisse l'auteur.

Diffusé depuis le XIII^e siècle dans le canton de Fribourg, l'usage de poêle en céramique s'est rapidement étendu à l'ensemble du territoire et semble-t-il, des couches sociales. En effet, si au XIII^e siècle, les premiers poêles en céramique, des gobelets, semblent être restés confinés aux milieux urbains et seigneuriaux, dès l'apparition des premières catelles durant le second quart du XIV^e siècle selon toute vraisemblance, les découvertes proviennent aussi bien de châteaux, de maisons urbaines que d'établissements ruraux. Malgré la découverte de deux ateliers, ou du moins de leurs déchets, en ville de Fribourg à la rue de la Neuveville 5, actif durant la seconde moitié du XIV^e siècle, (BOURGAREL 2011) et au Court-Chemin 2a, actif aux XV^e et XVI^e siècles (BOURGAREL 2013a), l'attribution de la céramique de poêle reste si ce n'est impossible, en tous cas aléatoire, par les seuls critères formels et stylistiques. Les analyses des corps céramiques et des glaçures restent les seuls moyens fiables pour les attributions, encore faut-il disposer des données de références de base des divers ateliers, une recherche à peine entamée.

Ainsi, au vu des découvertes archéologiques, il apparaît que l'usage de poêles en céramique s'est diffusé très rapidement sur le territoire cantonal depuis le XIV^e siècle et que si le XVIII^e siècle reste l'âge d'or des poêles en faïence, le XV^e et le début du XVI^e siècles correspondent à l'apogée des décors en relief, le XVII^e siècle marquant une régression par le quasi abandon des thèmes figuratifs au profit de motifs décoratifs et d'une perte de relief.

Partiellement dépouillées, les sources historiques signalent 13 ateliers au XV^e siècle, tous en ville de Fribourg, 14 au XVI^e siècle, également à Fribourg, 20 au XVII^e siècle, dont 1 à Romont/Arrufens, 1 à Attalens, 1 à Bulle, 1 à Morat et 16 à Fribourg, 36 au XVIII^e siècle dont 3 à Romont/Arrufens, 1 à Avry-sur-Matran, 3 à Bulle, 1 à Vuarmarens et 1 à Châtel-Saint-Denis, le XIV^e siècle manquant singulièrement, alors que catelles et atelier sont attestés par les découvertes archéologiques. Cette énumération tend à confirmer la multiplication des ateliers au XVIII^e et une certaine dispersion géographique, mais si la tendance semble bien une réalité, le dépouillement de sources historiques inexploitées pourrait encore apporter des nuances à ce tableau. Par ailleurs, si les potiers de poêle et leurs productions au XVIII^e siècle sont mieux connues que celles des siècles précédents, la question des attributions reste encore largement ouverte. En effet, sur les 36 potiers répertoriés, les

productions de seuls 11 d'entre eux nous sont connues par des poêles signés (9 poêles) ou les sources historiques, le reste étant attribué par les analogies formelles et stylistiques. Ces derniers critères ont permis à MARIE-THERESE TORCHE-JULMY de définir 11 autres ateliers distincts qui restent anonymes. Les analyses des corps céramiques, des glaçures et des couleurs céramiques restent donc une méthode qu'il faudra privilégier pour autant que l'on puisse disposer des données de références que seuls peuvent livrer les cassonniers des ateliers dont la plupart restent à découvrir. Actuellement, seul l'atelier de Bulle/Poterne où se sont succédé FREDERIC-DANIEL BACH de 1765 à 1791 et la famille AFFENTHAUSCHEGG de 1792 à 1895 ou 1898 a été exploré de manière exhaustive en 2013/2014 après sa découverte en 2007 (BOURGAREL 2009) dont le matériel est en cours d'étude et bien sûr, la manufacture de faïence du Sauvage à Fribourg (MAGGETTI 2007a) qui a livré quelques ratés de cuisson de catelles alors que les sources taisent ce type production dans cet atelier.

A Fribourg, le quartier de la Neuveville semble concentrer les ateliers des potiers et potiers de poêle, car jusqu'à ce jour, tous les ateliers ou cassonniers ont été découverts dans ce quartier et les sources historiques signalent que plusieurs potiers de poêle y étaient domiciliés et qu'un d'entre eux possédait son four aux Petites-Rames (TORCHE-JULMY 1979a), à proximité de la manufacture de faïence du Sauvage. Le potentiel de découvertes reste donc important et les analyses de poêles ou de catelles attribuées à l'un ou l'autre atelier apportent une première base de références qui pourra être confrontée aux déchets d'ateliers.

3. Archéométrie: état de la recherche dans le domaine des catelles en Suisse

Les catelles de poêles suisses n'ont fait que très rarement l'objet d'études archéométriques. Les travaux de JANKE (1989) et JANKE ET AL. (1991) sur des catelles du XI^e au XIV^e s. provenant de fouilles archéologiques de cinq châteaux forts du Jura Suisse démontrent un caractère non calcifère, c.à.d. pauvre en oxyde de calcium CaO, des corps céramiques et une nature plombique des glaçures.

Sept catelles, dont deux de la deuxième moitié du XV^e s. (*Rathausgasse/Berne* et *Rathaus/Nidau*), trois d'un poêle daté 1518 du château de *Holligen* près de Berne et deux datés d'avant 1528 de la *Münsterplattform* à Berne, furent analysées par SCHEIDIGER (1998), cf. discussion dans ROTH (1999). Les glaçures blanches opaques de ces pièces bernoises de la fin du XV^e et du début XVI^e siècle contiennent des cristaux de cassitérite (oxyde d'étain SnO₂). Une catelle contemporaine de NYON a aussi ce même type de glaçure stannifère (ROTH 1999, annotation 23). THIERRIN-MICHAEL (2011) définit un groupe de référence pour la poterie *Oberaltstadt* 3 de la ville de Zug, daté de la deuxième moitié du XVI^e siècle (ROTH HEEGE 2011). Les catelles appartiennent toutes à ce groupe local, pauvre en CaO et possèdent soit une glaçure plombifère opaque blanche, riche en cassitérites, posée alors sur un engobe blanc riche en CaO, soit une glaçure plombifère sans cassitérites, posée sur un engobe blanc pauvre en CaO. Selon THIERRIN-MICHAEL, les potiers tenaient compte



a



b



c



d

Fig. 2: Poêle blanc du XIX^e siècle du salon du premier étage sur rue de la maison Grand-Rue 59 dont seuls la face côté mur, les degrés à cheval sur deux pièces, appartiennent au poêle d'origine (1747-1755). (a) Vue de front. (b) Vue sur la face et degré à cheval côté mur. (c) paroi latérale des degrés visible de la pièce voisine. (d) Catelle aux armes des commanditaires JEAN-FRANÇOIS D'AMMAN et son épouse MARIE-BARBE LANTHER. Photos SAEF, GILLES BOURGAREL.

des coefficients de dilation différents des corps céramiques, engobes et des glaçures selon leur nature chimique. En France, les carreaux de pavement gothiques, étudiées par METREAU (2012) ont une glaçure stannifère posée sur un corps non calcaire, mais sans engobe intermédiaire. THIERRIN-MICHAEL (2003) analysa trois catelles, datées vers 1750, à décor bleu sous-glaçure, du mobilier issu des fouilles dans la zone de *Grand'Fin* de la plaine entre Porrentruy et Courtedoux. Les corps d'ancrage (partie postérieure d'une catelle) et les corps principaux (partie antérieure de la catelle, glaçure et décorée) se distinguent nettement par leur couleur et leur corps céramique. Les poêliers jurassiens utilisèrent deux argiles, une pauvre en CaO pour les corps d'ancrage et un mélange de cette argile non-calcaire avec une autre argile calcaire, pour les corps principaux.

Quatre catelles de la deuxième moitié du XVIII^e s. furent analysées par BLANC (2007a, b): FR 83, une catelle trouvée dans les déchets de la tessonnière de l'atelier de faïence fribourgeois du Sauvage, est non calcifère et pourrait avoir été produit dans cet atelier. FR 150, un vase d'amortissement de poêle, très riche en CaO et chimiquement très proche du groupe de référence de la vaisselle de table en faïence de l'atelier fribourgeois du Sauvage pourrait dès lors être issu de cet atelier. Le perroquet FR 158, une catelle de recouvrement ou d'amortissement (BOURGAREL 2007, p. 72, 73, 88, 112) est une forme inconnue à Fribourg, mais pourrait avoir été fait à Fribourg. FR 183, une catelle de couronnement, diffère du groupe de référence de la vaisselle de table par sa teneur en CaO nettement inférieure. Son origine demeure donc inconnue. Quatre catelles, un pied de poêle et une terre de remplissage provenant de poêles issus des plus importants ateliers (JEAN-RODOLphe STERN, ANDRE NUOFFER ET JEAN-BAPTISTE NUOFFER) de la ville de Fribourg du XVIII^e siècle ont fait l'objet d'une récente étude archéométrique (MAGGETTI ET AL. 2014). Pour la terre de remplissage, l'analyse chimique, minéralogique et pétrographique a montré sa pauvreté en CaO, en net contraste avec le corps céramique calcifère des catelles. Du point de vue chimique, beaucoup de points communs existent entre les catelles STERN d'une part et celles des ateliers NUOFFER d'autre part, mais les deux productions peuvent être séparés aisément par leurs teneurs en éléments traces, p. ex. de chrome et de nickel. L'étude des glaçures a permis de différencier les produits des ateliers NUOFFER et STERN, les catelles des NUOFFER ayant plus d'étain et moins de plomb. En outre, l'étude technologique indique que les matières premières du corps céramique des objets céramiques ne subirent que peu de traitement, que la glaçure fut posée sur des pièces dégourdies, c. à. d. sur des objets déjà cuits, et que la température de la deuxième cuisson se situa entre 950 et 1050°C. Des différences apparaissent si l'on compare ces résultats avec celles de la faïence de Fribourg de la fin du XVIII^e s. (BLANC 2007a, b). La vaisselle de table est chimiquement bien distincte, notamment plus riche en CaO que les catelles, et ses glaçures sont aussi bien séparées dans le diagramme ternaire PbO-SiO₂-SnO₂.



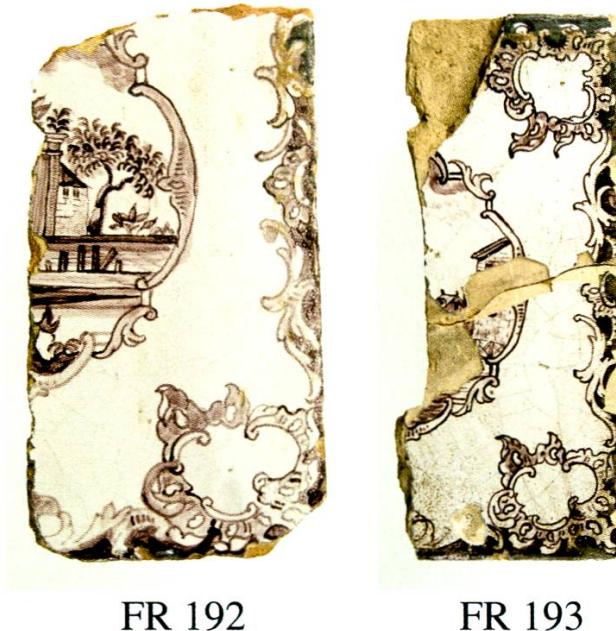
Fig. 3: Détail de deux catelles des degrés du poêle du premier étage (1747-1755). A gauche, catelle coupée dans sa partie inférieure, avec surépaisseur de la couleur. A droite, catelle coupée dans sa partie inférieure, avec la surface crevée de bulles et surépaisseur de la couleur. Le décor des deux catelles est monochrome (camaïeu) violet à noir aux sujets fantaisistes. Photos SAEF, GILLES BOURGAREL.

4. Échantillons, méthodes d'analyse et objectifs du présent travail

4.1 Échantillons

Le choix d'analyser des catelles provenant de l'immeuble de la Grand-Rue 59 a été motivé d'une part par la qualité de l'immeuble, c'est en effet une des maisons patriciennes les mieux conservées de la ville (de ZURICH 1928), reconstruite entre 1747 et 1755 pour JEAN-FRANÇOIS D'AMMAN et son épouse MARIE-BARBE LANTHER. Elle possède, entre autres, quasiment tous ses poêles, un au rez-de-chaussée, deux aux premier et deuxième étages et un au troisième dont trois ont déjà été recensés, ceux des deuxième et troisième étages, le dernier étant un des six poêles du XVII^e siècle conservés dans le canton de Fribourg (TORCHE-JULMY 1979a, nos 7, 52, 53). Le poêle du XVII^e siècle n'a pas été attribué à un atelier et ceux du deuxième étage à décor de grand feu bleu sont attribués à un atelier non identifié (no. 52, c. 1755) et à celui de la veuve STERN (n° 53, c. 1750-1755). D'autre part, la restauration de l'immeuble en 2010 a permis d'en compléter la documentation et 138 catelles ont été découvertes dans les combles où elles avaient été entreposées lors du renouvellement des poêles au XIX^e siècle, ceux du rez-de-chaussée et du premier étage sur rue et probablement d'un poêle qui devait se trouver au troisième étage et qui a été démonté à une date inconnue.

Deux de ces catelles fragmentaires proviennent du poêle du premier étage sur rue (Fig. 2), dont une partie, la moins visible, est restée celle d'origine, composée de catelles à décor de paysages en camaïeu de violet dans un médaillon rocaille, le tout dans une bordure du même style (Fig. 2c). Une de ces catelles, rehaussée de jaune est aux armes des commanditaires (Fig. 2d), de la reconstruction du milieu du XVIII^e siècle qui avait échappé au recensement de 1979 et qui permet de dater ce poêle entre 1747 et 1755. Le module de ces catelles est moyen, une hauteur de 23,3 cm pour une largeur de 19,2 cm, et leur surface présente de nombreuses imperfections: une surface crevée de petites bulles, une mauvaise fission de la couleur violette à noirâtre qui s'est mal incorporée à la glaçure stannifère du fond ou des craquelures (Fig. 3). La corniche et quelques catelles de plinthe des degrés ont un décor de couleur bleue, mais de même facture que le reste du poêle. Les corniches sont manifestement d'origine, car elles présentent les mêmes défauts que les catelles de corps (Fig. 2d), alors que l'élément de plinthe à décor bleu est isolé à l'angle des degrés. Il pourrait s'agir d'une réparation, mais le profil et le décor sont identiques à ceux des plinthes à décor violet, donc manifestement issue du même atelier. Le décor de grand feu de cet ensemble ne s'apparente pas à ceux des ateliers répertoriés en 1979a, mais certains traits évoquent le décor de grand feu d'une fontaine et d'un bassin de la manufacture du Sauvage (SCHNYDER 2007, 2010, MAGGETTI & BOURGAREL 2010) où la production de céramique de poêle est attestée. Compte tenu des particularités de ce



FR 192

FR 193

Fig. 4: Les deux catelles du poêle 1 (aux paysages) analysées. Corps céramique orange-beige à dégraissant fin, surface à glaçure stannifère blanc-bleuté et décor monochrome de grand feu violet à noir. Dimensions (cm) de FR 192: H. 18,1; l. 9,3, de FR 193: H. 23,3; l. 9,3. Photos SAEF, GILLES BOURGAREL.

poêle, appelé poêle 1 dans la présente étude, deux catelles qui en proviennent ont donc été analysées (FR 192, 193; Tab. 1, Fig. 4). Deux autres ensembles découverts dans les combles présentaient également un intérêt par leurs décors de grand feu de très belle facture, des bouquets (Douze catelles découvertes) ou des paysages (Trois catelles découvertes) polychromes dans le même cadre rocaille violet-brun épousant le bord des catelles, dégageant un champ libre autour du motif. La similitude des cadres pourrait suggérer que ces catelles à paysages et à fleurs sont issues du même poêle, mais leurs modules sont différents. La série à paysages présente un module de 22,5 cm de hauteur par 18,8 cm de largeur et celle à fleurs un module de 27,7 cm de hauteur et 21-21,3 cm de largeur ce qui indique clairement que ces deux séries proviennent de deux poêles distincts, ce qui est dans la norme, les deux thèmes n'ont été mélangés sur aucun des poêles conservés. Les cadres des deux séries sont différents de ceux du poêle 1, mais analogues à ceux réalisés par ANDRE NUOFFER dans les années 1770-1780 (TORCHE-JULMY 1979a, p. 127), mais il n'est pas certain que ces pièces proviennent bien de poêles réalisés pour la Grand-Rue 59, elles ont simplement pu être stockés dans les combles lors de travaux dans un autre immeuble et elles remontent aux années 1770-1790 par comparaison aux poêles recensés (TORCHE-JULMY 1979a). Ces pièces fragmentaires offrent des conditions idéales pour les analyses, car les prélèvements peuvent y être faits sans devoir démonter un poêle ni entraîner de pertes dommageables. Six de ces catelles ont donc été sélectionnées, trois par groupe (FR 187-191, 195; Tab. 1, Fig. 5, 6). Le dessin de la catelle FR187 est bien proche du style d'A. NUOFFER (TORCHE-JULMY 1979a, p. 135, 136), par le traitement des couleurs, la forme des troncs et les reflets dans l'eau, mais la bordure rocaille se différencie par l'absence du motif central du haut et du bas.

Le reste des catelles dont le décor se limite à de simples cadres en double-filets avec ou sans motif rocaille dans les angles proviennent de deux poêles distincts, un en faïence de grand feu et l'autre, à décor sous glaçure plombifère, ne peuvent être attribués à l'un ou l'autre des ateliers répertoriés en raison de la simplicité de leurs décors, ils n'ont donc pas été retenus pour cette étude, mais semblent bien avoir été mis en œuvre dans la maison au vu du nombres catelles qui étaient entreposées dans les combles.

Le nombre d'échantillons semble être faible pour un objet de la taille d'un poêle. A notre avis et jusqu'à la preuve du contraire, on estime que les catelles d'un poêle furent normalement élaborées à partir d'une même masse d'argile, bien mélangée et bien homogénéisée, et donc chimiquement comparable si l'on analyse des portions représentatives, qui sont dans l'ordre de 10 à 20 grammes pour des céramiques grossières de ce type (THIERRIN-MICHAEL 1992).

Nous avons intégré les échantillons FR 158 (perroquet aux couleurs polychrome de grand feu) et FR 183 (catelle de couronnement blanche) dans cette étude pour des fins de comparaison, leur composition chimique ayant déjà été étudiée par BLANC (2007a).



FR 189



FR 190



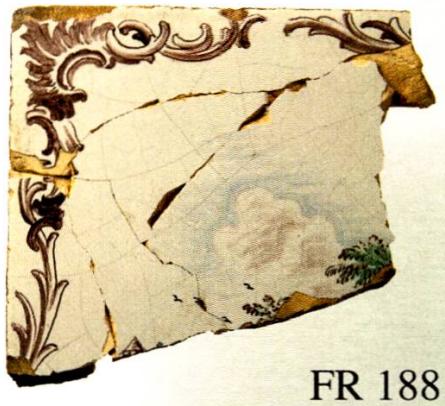
FR 191



*Fig. 5: Quatre catelles (une pas analysée) du poêle 2 (aux bouquets de fleurs). Décor polychrome de grand feu. (1) Oeillet (*Dianthus* sp.), (2) Pivoine (*Paeonia* sp.), (3) Nivéole (*Leucojum* sp.), (4) évtl. Ranunculaceae (*Ranouculacées*), (5) Lys (*Lilium* sp.), (6) Véronique (*Veronica* sp.), (7) Muguet (*Convallaria* sp.), (8) Asteracée ?. Dimensions du module complet (cm): H. 27; l. 21-21,3. Photos SAEF, GILLES BOURGAREL.*



FR 187



FR 188



FR 195

Fig. 6: Les trois catelles du poêle 3 (aux paysages) analysées. Décor polychrome de grand feu. Dimensions du module complet (cm): H. 22,5; l. 18,8. Photos SAEF, GILLES BOURGAREL.

4.2 Méthodes d'analyse

4.2.1 Prélèvement et broyage

Sur les catelles choisies, les échantillons furent prélevés à la scie diamantée. Une partie était destinée à l'analyse microscopique optique et électronique à balayage, l'autre à l'analyse FRX et la DRX. Les échantillons pour ces analyses (entre 12 et 17 g par échantillon) furent nettoyés en enlevant la glaçure et ca. 2-3 mm de la couche externe du corps céramique. Ils furent ensuite placés dans une meule électrique en carbure de tungstène pour obtenir une poudre très fine.

4.2.2 Analyse de la couleur du corps céramique

La couleur de la poudre fût identifiée en utilisant THE MUNSELL BOOK OF COLOR (2007).

4.2.3 Microscopie optique polarisante

Les lames minces de FR 190, 192 et 195 furent étudiées par cette méthode.

4.2.4 Fluorescence de rayons X (FRX)

Les analyses chimiques (Tab. 2) ont été réalisées à l'aide d'un spectromètre (fluorescence X) Philips PW 2400 selon la méthodologie du laboratoire d'analyse du Département des Géosciences de l'Université de Fribourg. Perte au feu (PF): calcination de 2 g de poudre à 1000°C durant une heure. 0.7 g de cette poudre calcinée furent homogénéisés avec 6.650 g MERCK spectromelt A 10 MERCK ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) et 0.350 g de LiF MERCK et transformés en une perle vitreuse à 1150°C à l'aide d'un PHILIPS PERL X-2. Cette perle fut analysée avec un spectromètre RX PHILIPS PW 2400 (Anode Rhodium, 60 kV et 30 mA) en ayant recours à 40 standards géochimiques internationaux pour l'analyse quantitative. Estimation de l'erreur d'analyse: < 5 % pour tous les oxydes et éléments dosés.

L'échantillon FR 188 donne un total très proche, mais néanmoins légèrement inférieur à 99 % poids, donc en dehors de la valeur d'une bonne analyse chimique, qui devrait être entre 99 et 101 % poids. La remesure de la perle et la mesure d'une deuxième perle n'ont pas amélioré le total. La cause de cette déviation reste pour le moment inexplicable.

4.2.5 Microscopie électronique à balayage (MEB)

Des micro échantillons ont été inclus dans de la résine, polis avec des pâtes diamant de différente granulométrie et ensuite recouverts d'une mince couche de carbone afin de la rendre conducteur. L'observation se fit avec un microscope électronique à balayage FEI XL30 Sirion FEG. Les conditions d'analyse semi quantitative EDX étaient les suivantes: 20 kV, $6.4 \cdot 10^{-9}$ A, distance de travail 5 mm, calibrage avec des verres étalons (DLH2, Corning, *Lab. sperimentale del vetro, Murano*). Temps d'analyse: 50 sec.

4.2.6 Diffractométrie des rayons X (DRX)

Ce type d'analyse a été réalisé sur tous les échantillons sous forme de poudre avec un diffractomètre Philips PW 1800 à anticathode Cu (CuK α , 40 kV, 40 mA, 2Θ 2-65°).

4.3 Objectifs de ce travail

L'étude présentée ici veut répondre à ces questions: (1) Peut-on identifier les fleurs du décor des catelles du poêle 2? (2) Y a-t-il des différences chimiques entre les corps céramiques et les glaçures des catelles des trois poêles? (3) S'agit-il de produits locaux fribourgeois et, si oui, peut-on les attribuer à la manufacture J. R. STERN, A. NUOFFER, J. B. NUOFFER ou à celle du Sauvage?

5. Résultats

5.1 Détermination des représentations de plantes sur les carreaux du poêle 2 (à fleurs).

Le peintre a traité très librement les caractéristiques des plantes qu'il a représentées. Bien qu'il ait certainement utilisé plusieurs modèles, il les a reproduits très symboliquement. Dès lors, une détermination précise des espèces représentées n'est guère possible, si ce n'est au niveau de la famille ou du genre. Pour certains genres, l'artiste a certes peint les contours de la plante (par ex. *Convallaria* ou *Veronica*). Il a aussi reproduit le nombre exact de leurs pétales et de leurs étamines (par ex. *Lilium*), mais ni leurs couleurs, ni leurs feuilles ne correspondent entre elles. Au total, huit fleurs ont pu être identifiées (Fig. 5): Asteracée (?), Lys (*Lilium* sp.), Muguet (*Convallaria* sp.), Nivéole (*Leucojum* sp.), Oeillet (*Dianthus* sp.), Pivoine (*Paeonia* sp.), Ranunculaceae (*Renouculacées*) (?), Véronique (*Veronica* sp.).

5.2 Les corps céramiques

La couleur des corps céramique (pulvérisés) oscille entre des tons rougeâtres à orange-beige (Tab. 1), certaines catelles présentant une zone plus beige (FR 190) ou plus rougeâtre de 2 à 4 mm sous la glaçure. L'observation microscopique révèle des grains non plastiques, surtout de quartz et de feldspath potassique, dans une matrice maigre (distinction matrice maigre-grasse: MAGGETTI 2009), à grains non plastiques silicatés très fins, composés majoritairement par du quartz (Fig.7). Les gros grains ont des contours arrondis et leur taille est généralement inférieure à 0.3 mm, n'atteignant que rarement 0.8 mm ou même 3 mm (pour FR 192). Quelques micas font aussi partie du dégraissant. La catelle du poêle 1 est visiblement plus riche en dégraissant que les deux autres catelles. Une zone très fine blanchâtre peut être détectée sous le microscope optique polarisant, et l'on serait tenté d'y voir une couche d'engobe blanc. Mais l'analyse MEB démontre que FR 193, la deuxième catelle du poêle 1, n'a pas cette couche. Il s'agit donc plutôt d'une zone de réaction entre la glaçure et le corps, où se déroulèrent des migrations chimiques complexes comme p. ex. celles du fer et du calcium vers la glaçure, et respectivement celle du plomb vers le corps céramique.

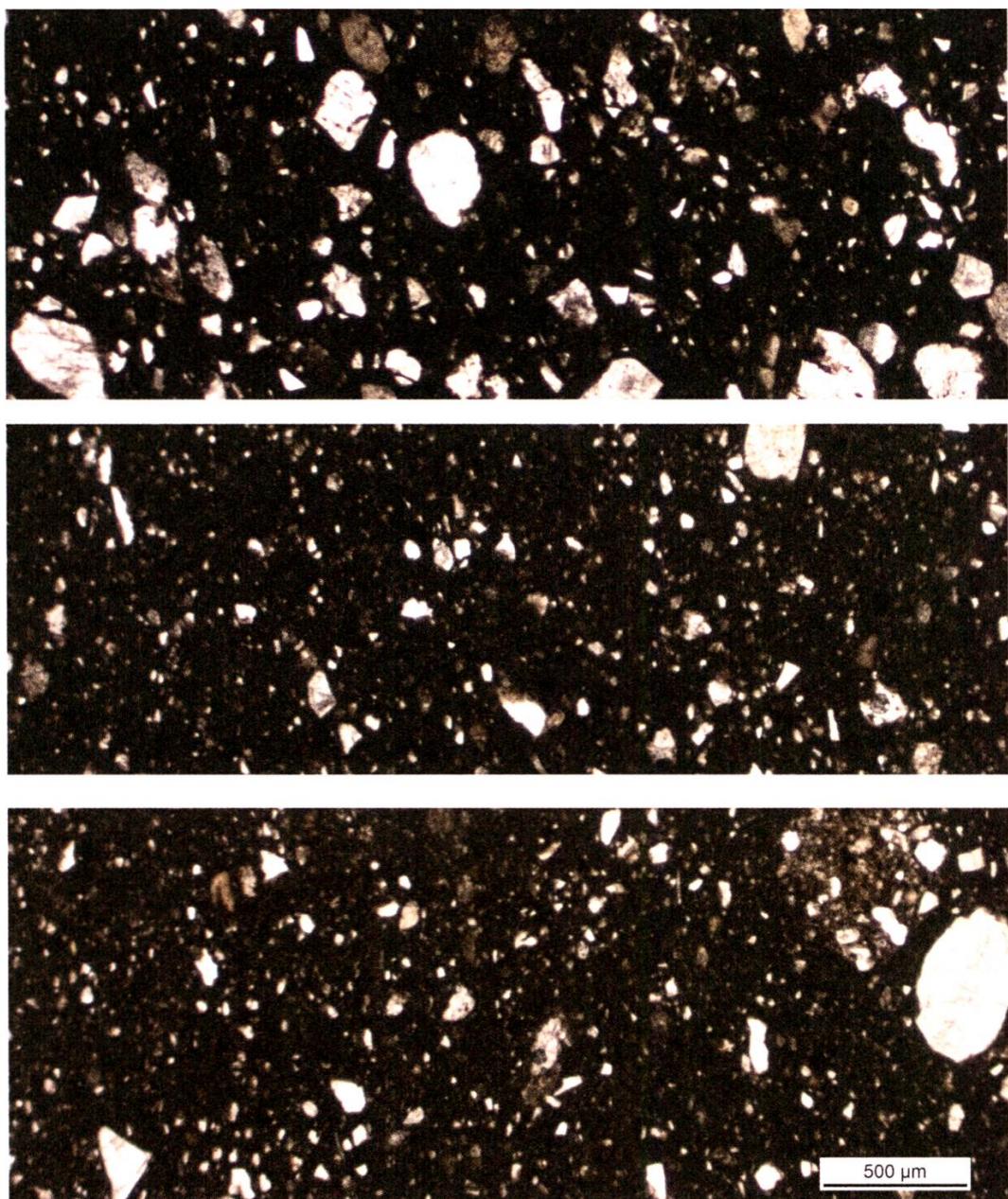


Fig. 7: Aspect typique des corps céramique sous le microscope polarisant à très faible agrandissement. Depuis le haut vers le bas: FR 192 (poêle 1), FR 190 (poêle 2) et FR 195 (poêle 3). Même échelle partout. Un Polariseur. On reconnaît les grains de quartz (blanc) et de feldspath potassique (blanc trouble avec stries parallèles du clivage) dans une matrice sombre brune et maigre, la richesse en dégraissant pour FR 192 et l'aspect sérial des grains du dégraissant. Photos MARINO MAGGETTI.

Les huit corps céramique des catelles étudiées sont riches en oxyde de calcium (CaO 9-13 % poids) et pauvres en oxyde de magnésium (MgO 1.8-2.3 % poids, Tab. 2). Les catelles du poêle 1 ont plus de SiO_2 (Fig. 8a), mais moins de TiO_2 (Fig. 8b), MgO (Fig. 8c), Cr (Fig. 8e) et Zn (Fig. 8f) que celles des poêles 2 et 3, qui forment un

groupe chimique homogène. Les teneurs en plomb (Pb) de toutes les catelles (Tab. 2) dépassent largement celles des argiles locales de Fribourg (BLANC 2007a, b) ou de la terre de remplissage (MAGGETTI ET AL. 2014), signe d'une contamination chimique (cf. ci-après).

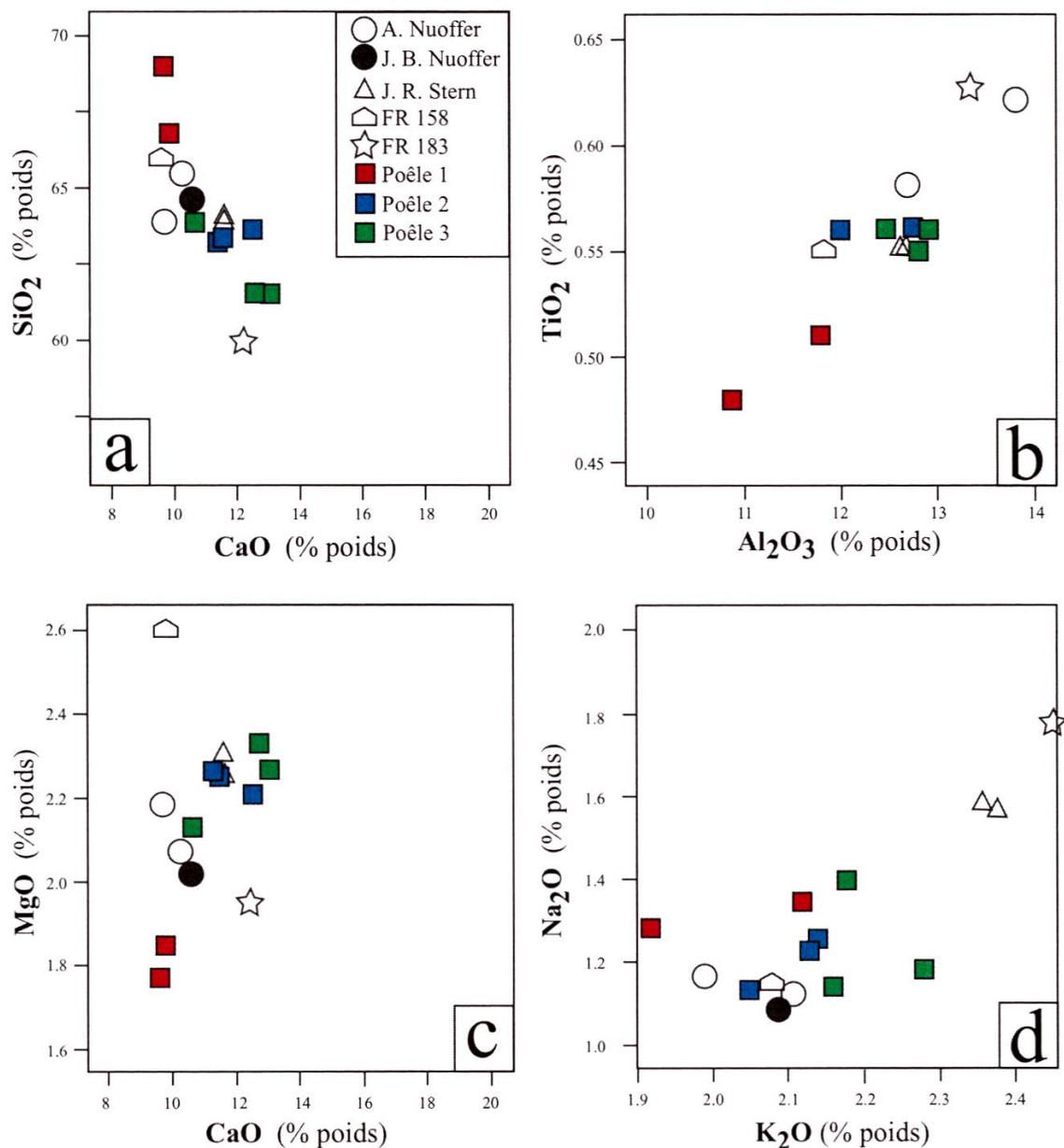


Fig. 8: Diagrammes binaires de quelques oxydes choisis comparant les objets analysés (catelles des poêles 1-3) aux catelles des manufactures NUOFFER et STERN (MAGGETTI ET AL. 2014), au perroquet FR 158 et à la catelle de couronnement FR 183 (BLANC 2007a, b).

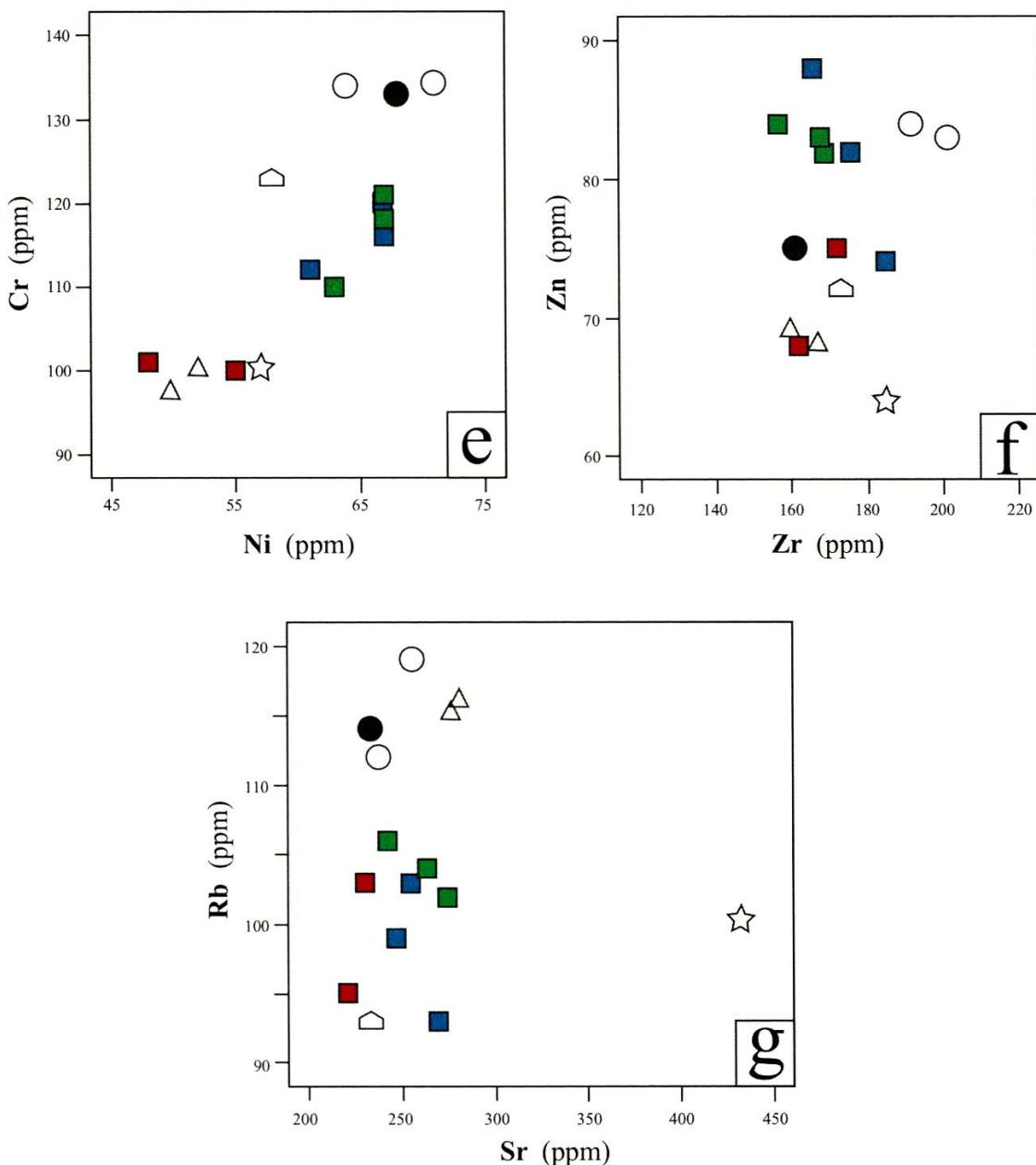


Fig. 8 (suite): Diagrammes binaires de quelques éléments traces comparant les objets analysées (catelles des poêles 1-3) aux catelles des manufactures NUOFFER et STERN (MAGGETTI ET AL. 2014), au perroquet FR 158 et à la catelle de couronnement FR 183 (BLANC 2007a, b).

L’analyse DRX révéla une association minéralogique identique pour les huit catelles étudiées: Quartz + plagioclase + diopside + géhlénite + hématite + calcite.

Le contact entre le corps et la glaçure est pour tous les objets très net, sans ou avec une zone de réaction peu marquée (Fig. 9).

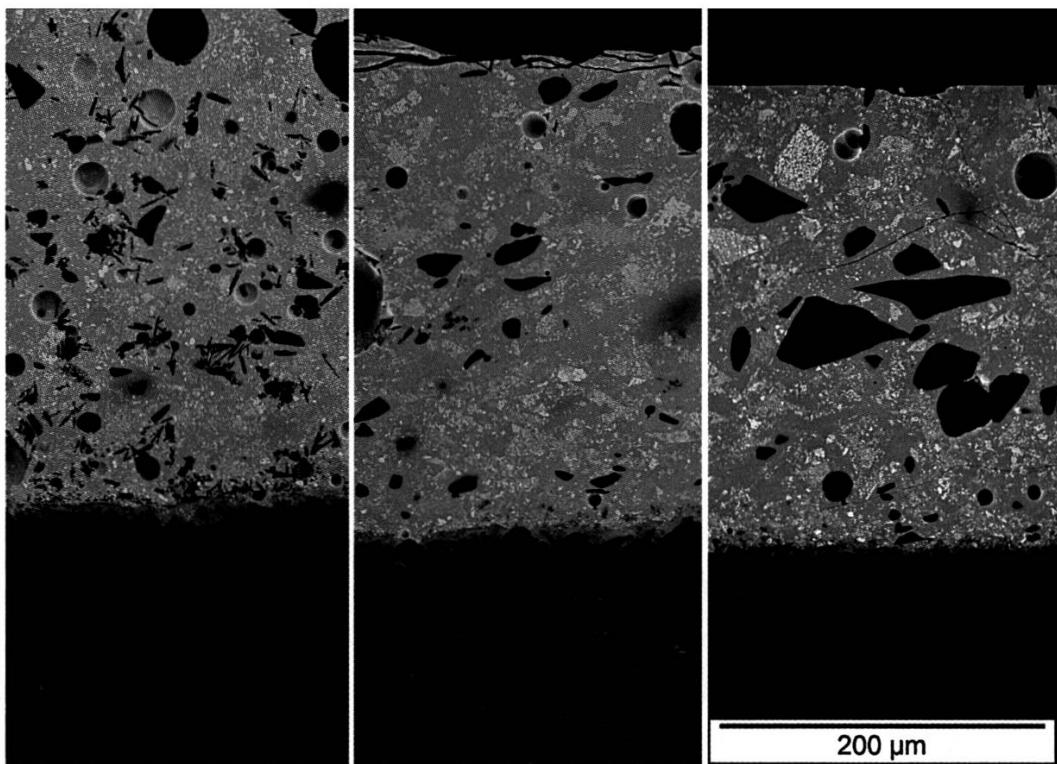


Fig. 9: Images au MEB en mode électrons rétrodiffusés de catelles des trois poêles, depuis la gauche: FR 193 (poêle 1), FR 189 (poêle 2) et FR 188 (poêle 3). Le contact entre le corps (en bas, zone noire) et la glaçure est net, sans zone de réaction. Échelle identique. Photos MARINO MAGGETTI.

5.3 Les glaçures blanches opaques

Les glaçures blanches opaques des deux catelles du poêle 1 sont plus épaisses que celles des poêles 2 et 3 (Tab. 3, Fig. 10). SiO_2 , SnO_2 et PbO sont les trois oxydes majeurs dans la composition chimique des glaçures opaques blanches (Tab. 3). Les catelles analysées se concentrent selon la manufacture en trois groupes chimiques homogènes et bien distincts (Fig. 11), à l'exception de FR 188 qui fait partie des catelles du poêle 3. La glaçure du perroquet FR 158 est chimiquement bien distincte des autres catelles, avec moins de SiO_2 , mais plus de PbO et de Cl_2O . Sa couleur verdâtre est due à un peu de cuivre (oxyde CuO , Tab. 3).

Les microstructures sont complexes (Fig. 12). On observe: (1) une nette dominance des cristaux de cassitérite (SnO_2), présents majoritairement sous forme d'amas souvent anguleux, rarement sous forme de minuscules cristaux isolé. Ils sont responsables de l'opacification et de la couleur blanche de la glaçure; (2) des cristaux esquilleux, chimiquement 100% SiO_2 , probablement du quartz, à bords et angles arrondis et irrégulièrement répartis; (3) quelques bulles de gaz; (4) quelques reliques d'anciens grains vitreux (Fig. 12d). FR 158 se démarque des catelles par sa pauvreté en grains de quartz et la granulométrie plus fine de ce type de cristal. Les catelles des poêles 2 et 3 ont des microstructures très voisines, mais celles du poêle 1 sont bien

distinctes des autres par leur abondance en baguettes SiO₂, probablement des cristaux de cristobalite d'après la morphologie si typique.

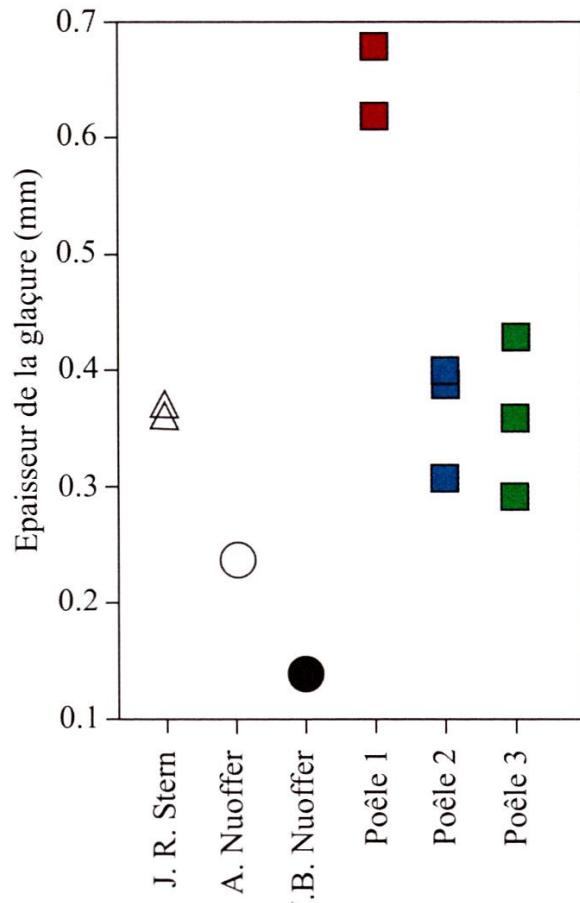


Fig. 10: Epaisseur de la glaçure blanche opaque des catelles des poêles 1-3 analysées et des catelles des manufactures NUOFFER et STERN (MAGGETTI ET AL. 2014).

Les quartz présentent des contours arrondis, lobés – un aspect typique pour une phase qui n’était pas en équilibre avec la glaçure liquéfiée pendant la cuisson, c’est à dire qui subissaient un processus de fusion et de résorption par le liquide (Fig. 13). Ce sont donc des cristaux reliques, avant cuisson. On reconnaît souvent des fines craquelures dans la matrice vitreuse entourant ces anciens grains de quartz, qui sont dus aux changements de volume engendrés par le passage du quartz de basse à celui de haute température à 573°C.

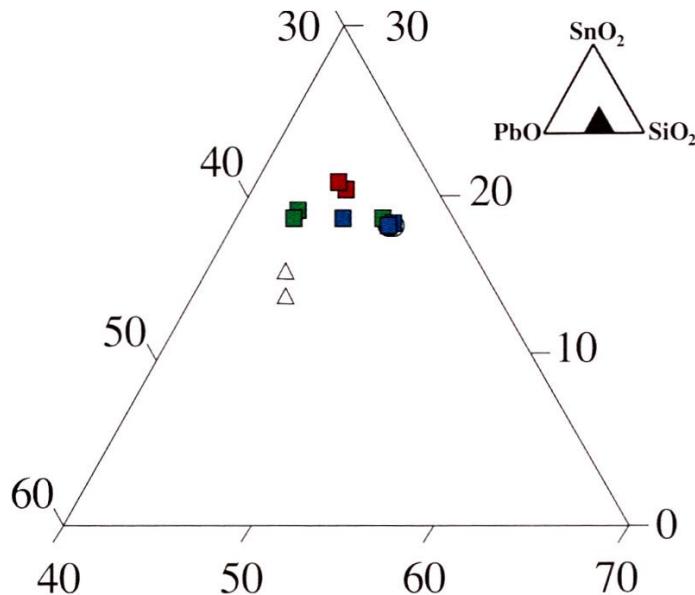


Fig.11: Diagramme ternaire comparant la composition chimique des glaçures blanches opaques des catelles des poêles 1 à 3, des deux ateliers d'ANDRE et JEAN-BAPTISTE NUOFFER et de J. R. STERN (MAGGETTI ET AL. 2014) . Symboles voir Fig. 10.

Les baguettes SiO_2 , très probablement des cristobalites d'après leur morphologie - une étude microspéctrométrique Raman de cristaux de la même typologie appuyant cette identification (FORTINA ET AL. 2005) - ne se voient que dans les glaçures du poêle 1. Leurs contours idiomorphes indiquent qu'ils étaient en équilibre avec le liquide (la glaçure fondu). Ils ont cristallisé pendant le laps de temps où la glaçure était liquide et appartenaient à la catégorie des cristaux de haute température et de néoformation durant la cuisson. La présence de quelques rares baguettes de cristobalite fût signalé pour quelques tessons de la vaisselle de table en faïence du XVIII^e siècle de Fribourg (BLANC 2007a), Granges-le-Bourg (MAGGETTI 2013b) et Fulda (MAGGETTI 2015a).

6. Discussion

6.1 Le corps céramique

6.1.1 Effets de contamination

Du fait que les objets analysés ne furent pas ensevelis dans la terre, une contamination chimique par cette voie peut être exclue. Mais les analyses révèlent des concentrations anomalies en cuivre (Cu) et plomb (Pb) qui sont à expliquer. Ce n'est pas une chose facile pour les 149 ppm Cu qu'affiche FR 187 (poêle 3), dépassant nettement la valeur maximale (54 ppm) des autres catelles. Une anomalie analogue fut déjà constatée pour FR 5 (130 ppm de Cu, MAGGETTI ET AL. 2014).

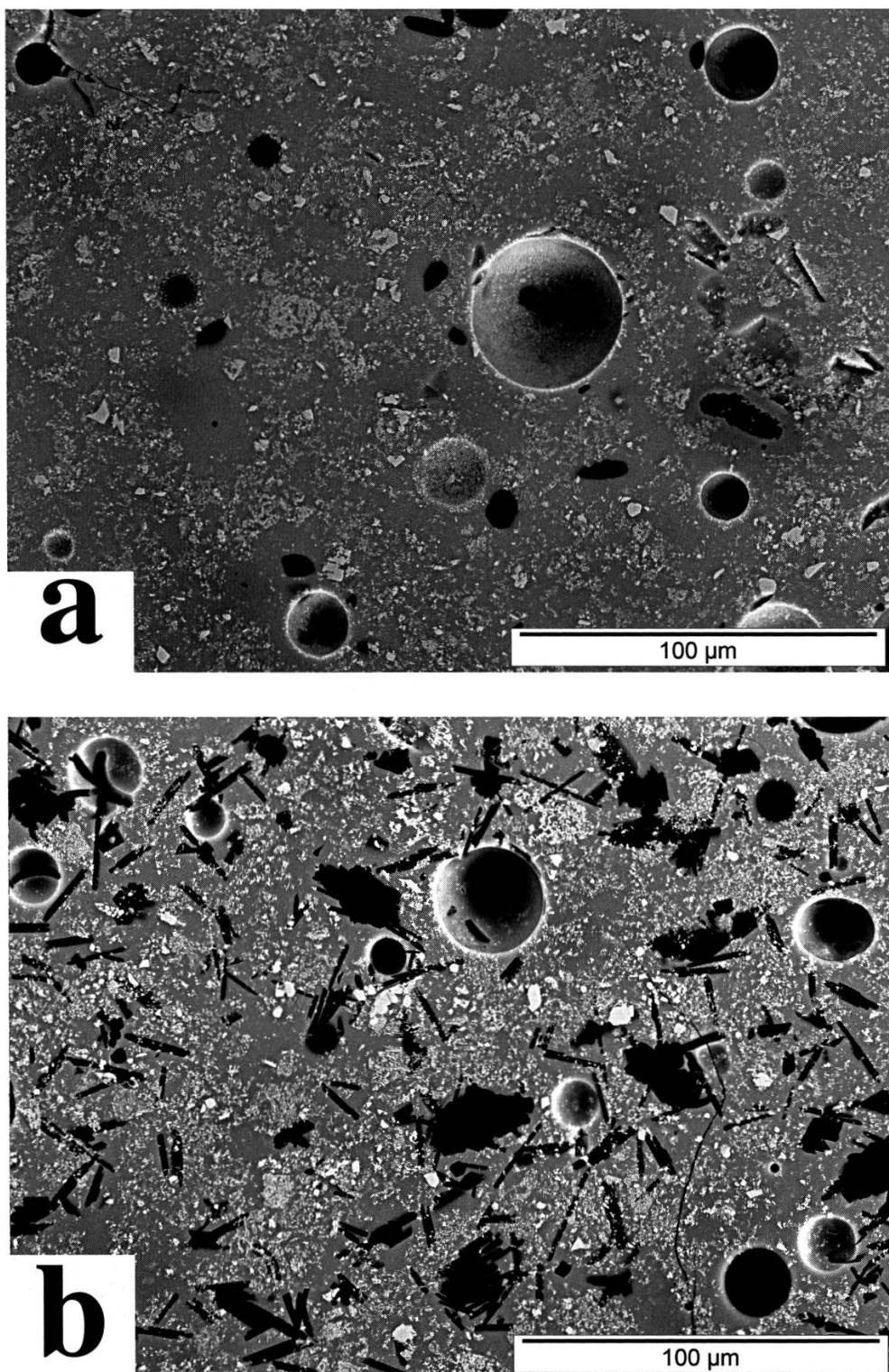


Fig. 12: Images au MEB en mode électrons rétrodiffusés des glaçures. Coupes perpendiculaires à la surface. On reconnaît des bulles de gaz, des cristaux de quartz (noirs) aux contours arrondis, une multitude d'aiguilles ou de baguettes de cristobalite (noirs), et des minuscules cristaux de cassitérite (blancs), majoritairement groupés en amas. (a) FR 158 (Perroquet); (b) FR 192 (Poêle 1). Photos MARINO MAGGETTI.

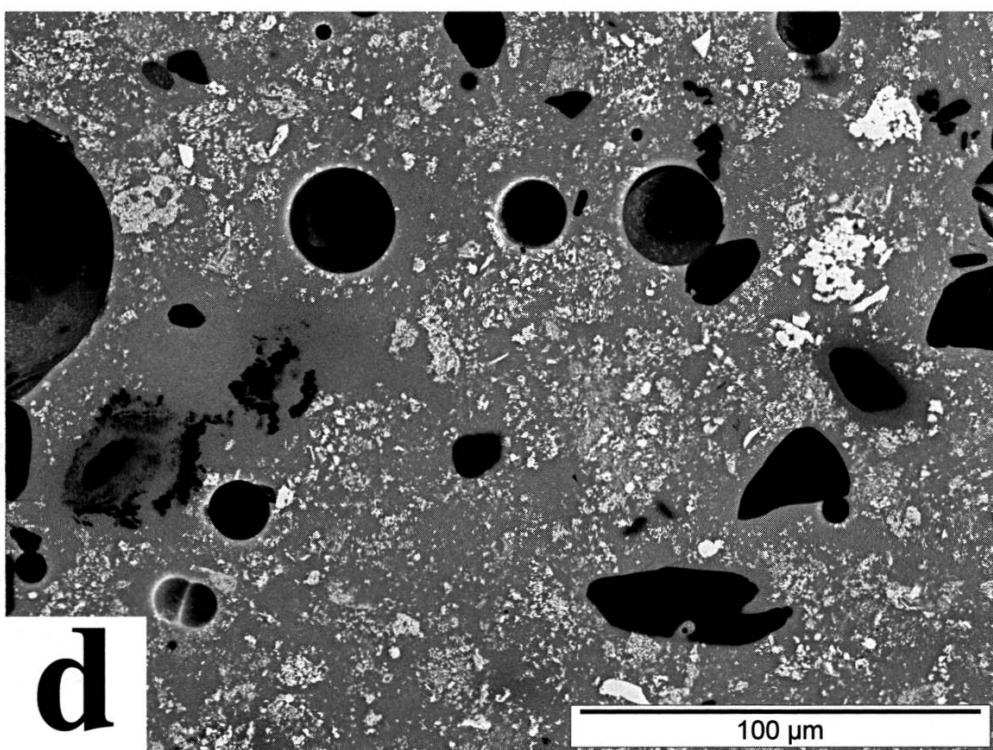
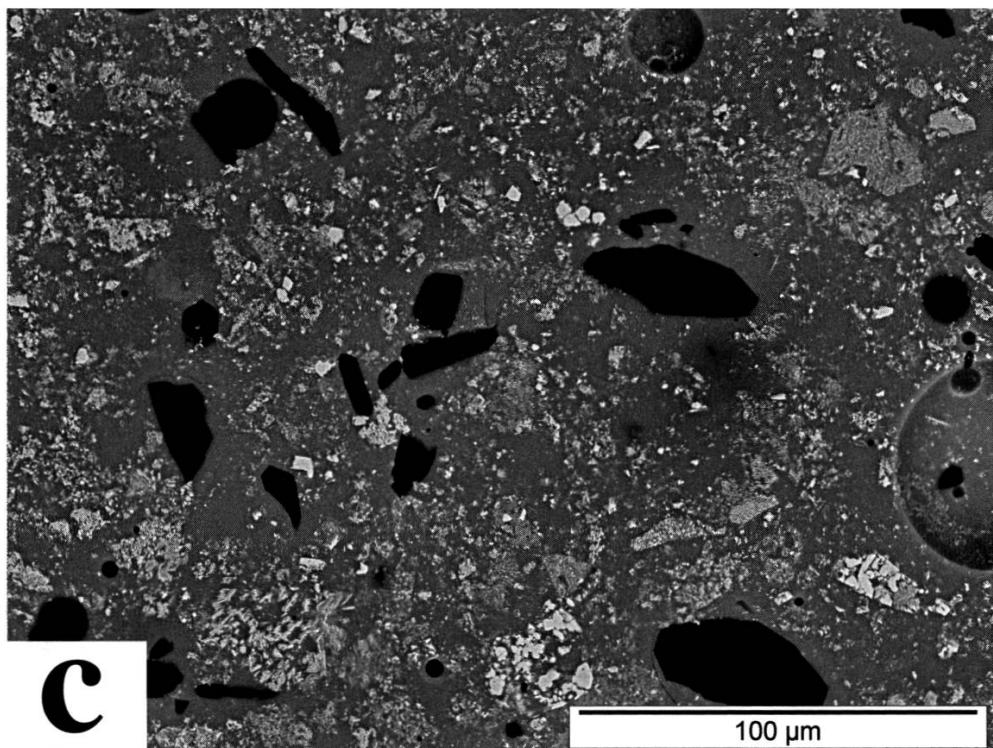


Fig. 12 (suite): (c) FR 190 (Poêle 2); (d) FR 187 (Poêle 3). On reconnaît sur la gauche (juste au-dessus du d) une zone sans cassitérites, mais riche en minuscules grains SiO_2 (noirs).

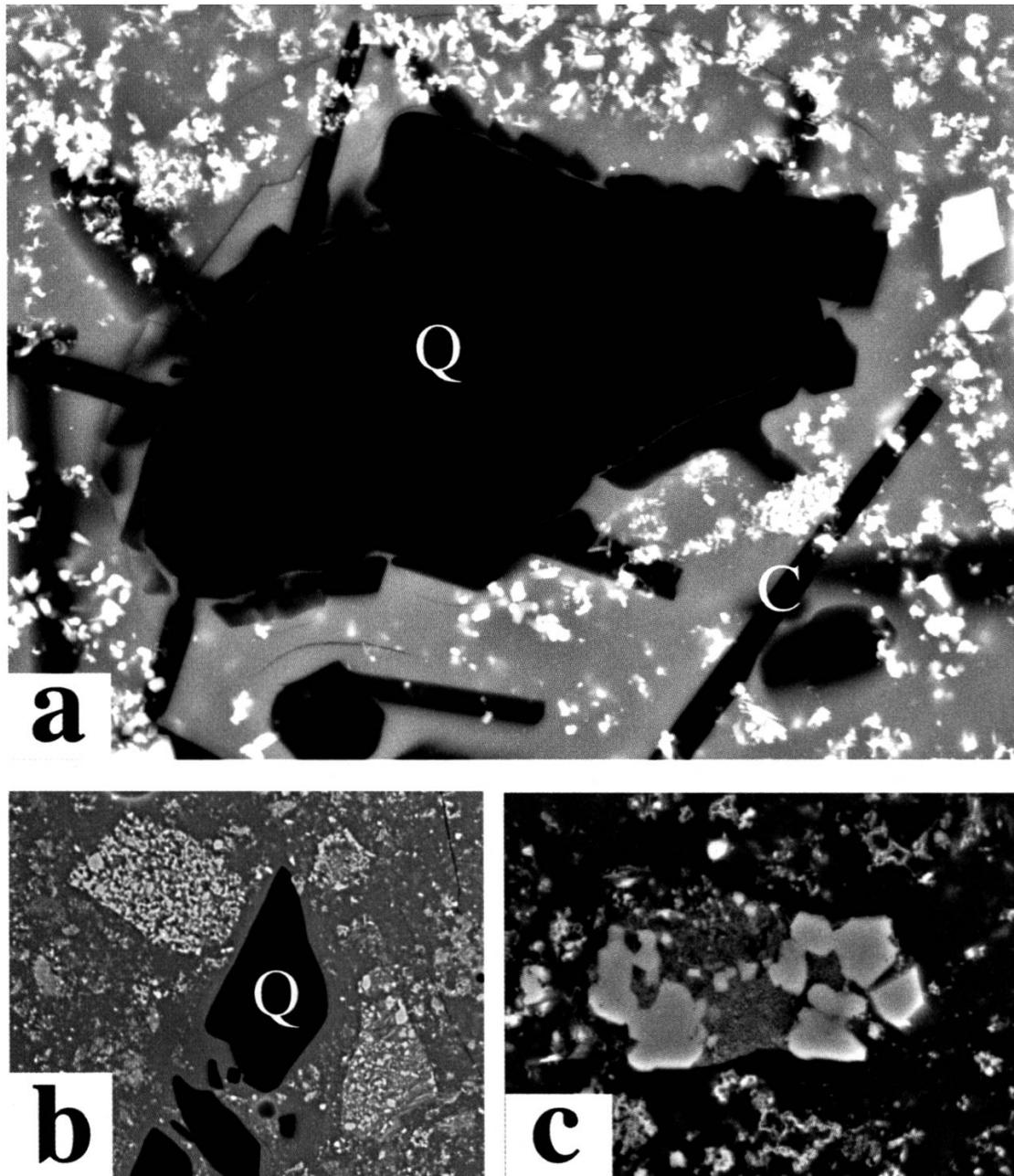


Fig. 13: Images au MEB en mode électrons rétrodiffusés. (a) Grain de quartz (Q) relique au contour irrégulier (liséré blanc très fin) dû à la résorption durant la cuisson de la glaçure. Les cristobalites (C) de néoformation se trouvent soit au bord du quartz relique sous forme de petits cristaux, soit ont cristallisé dans la matrice sous forme de baguettes. On reconnaît à gauche du quartz une fissure dans la matrice vitreuse, due à l'inversion du quartz. Largeur du grain: 0.335 mm. FR 192. (b) Grains de quartz (Q) reliques arrondis durant la cuisson de la glaçure (noirs) avec en haut à gauche un fragment rectangulaire et en bas à droite un fragment triangulaire du blanc, riche en granules de cassitérites blanches. Largeur de l'image: 0.104 mm. FR 188. (c) Fragment du blanc avec deux types de cassitérites: gros grains dans une matrice à minuscules granules. Largeur du grain: 0.018 mm. FR 189. Photos MARINO MAGGETTI.

S'agit-il de concentrations anomalies primaires, présents *ab initium* dans l'argile/marne? Ou s'agit-il d'une contamination par un processus technique de la manufacture? La deuxième hypothèse doit être favorisée vu que les argiles locales ne dépassent pas 36 ppm Cu (BLANC 2007a).

Les concentrations du plomb (Pb) des huit catelles sont, avec des valeurs entre 97 et 996 ppm, nettement supérieures à celles de la terre de remplissage FR 8 (20 ppm Pb, MAGGETTI ET AL. 2014) et des argiles et marnes locales de Fribourg (16 à 39 ppm Pb, BLANC 2007a). Ceci n'étonne guère car il s'agit d'une constatation typique pour les manufactures de faïences (MAGGETTI & GALETTI 2000, BLANC 2007a, b, MAGGETTI ET AL. 2009a, MAGGETTI 2013a, 2015a, MAGGETTI ET AL. 2015). Ces concentrations élevées peuvent être expliquées par des effets de contamination dues à: (1) un ajout de verre plombifère lors de la préparation de la pâte; ou (2) une infiltration de la suspension aqueuse contenant la glaçure stannifère lors de l'application sur les dégourdis poreux, avant la deuxième cuisson; ou (3) une infiltration de la glaçure stannifère fondu, sous forme de coulures, dans les dégourdis lors de la deuxième cuisson; ou (4) une infiltration de vapeurs de plomb dans les objets en céramique pendant les cuissons; ou (5) une abrasion insuffisante de la glaçure lors de la préparation des échantillons. La première hypothèse est à écarter car aucun ajout de ce type ne fut détecté dans l'analyse au MEB. La cinquième hypothèse est aussi peu probable, car tous les soins furent mis en œuvre pour enlever complètement la pellicule vitreuse. Ils restent donc les hypothèses (2), (3) et (4) sans que l'on puisse opter pour une seule ou pour une combinaison. L'hypothèse (4) a été avancée pour la faïencerie de Granges-le-Bourg (MAGGETTI 2013a).

6.1.2 Matières premières et leur traitement

L'aspect macroscopique et microscopique des catelles ne montre aucun signe d'un mélange de terres, une technique coutumière dans la fabrication des faïences (MAGGETTI 2012). La présence d'éléments grossiers et l'aspect sérial des grains du dégraissant dans le corps céramique trahit un manque total ou au plus le peu de soin avec lequel les artisans ont préparé leur pâte. On peut donc conclure que la composition chimique des catelles correspond plus ou moins à celle des marnes utilisées pour leur confection. L'aspect microscopique des catelles des poêles 2 et 3 est identique à celui des catelles fribourgeoises analysées par MAGGETTI ET AL. (2014), mais celui des catelles 1 se démarque clairement par sa richesse en dégraissant. Les argiles et les marnes prospectées dans les alentours de Fribourg par BLANC (2007a, b) sont chimiquement différentes des catelles analysées, ce qui se traduit p. ex. dans leur teneur en CaO, qui est inférieure ou supérieure aux concentrations des catelles. Les poêliers utilisèrent donc des matières premières qui n'ont pas été détectées lors de la prospection de C. BLANC.

6.1.3 Double cuisson

L'absence de toute interface corps/glaçure bien prononcée indique clairement, d'après les cuissons expérimentales (MOLERA ET AL. 2001, BEN AMARA 2002, BEN AMARA & SCHVOERER 2006), que les objets furent cuits deux fois, respectivement que les glaçures liquides furent appliquée sur des catelles dégourdis. Cette manière de faire correspond tout à fait à la technique des faïenciers du XVIII^e siècle (p. ex. ROSEN 1995, 2009, MAGGETTI 2007b, 2012, 2013b, 2015b).

6.1.4 Températures de cuisson

Les températures de cuisson des céramiques analysées peuvent être estimées en comparant la composition minéralogique des poudres révélée par la diffractométrie aux RX, avec l'évolution minéralogique d'argiles calcaires ou de marnes comparables du point de vue chimique, granulométrique et minéralogique, en fonction de la température de cuisson (PETERS & JENNI 1973, KÜPFER & MAGGETTI 1978, PETERS & IBERG 1978, MAGGETTI 1981, 1982, JORNET 1982, KAENEL ET AL. 1982, THIERRIN-MICHAEL 1992, ZANCO 1999). Ce faisant, et en écartant la calcite qui peut être soit une phase primaire (relique, avant cuisson), soit secondaire (post cuisson, FABBRI ET AL. 2014), des températures supérieures à 950°C peuvent être estimées pour les huit catelles par l'absence de tous les réflexes de l'illite et la présence de la géhlénite et du diopside. Elles ont été inférieures à 1050°C car des argiles calcaires fondent dès 1100°C (KÜPFER & MAGGETTI 1978). Dans ces conditions, la calcite dans le corps céramique des catelles est une phase post cuisson. Cet intervalle de 950-1050°C caractérise les températures de la deuxième cuisson (de la glaçure), appelée aussi la cuisson de grand feu, qui étaient, pour des produits à glaçure stannifère, toujours supérieures à celles de la première cuisson du dégourdi (MAGGETTI 2012). Elles sont analogues à celles estimées pour les catelles fribourgeoises (MAGGETTI ET AL. 2014; association c), à celles des vaisselles en faïence (MAGGETTI 2012) et aux températures maximales mesurées dans des fours fonctionnant selon des procédures traditionnelles (AMIGUES 2002, WOLF 2002).

Les zones millimétriques plus beige ou plus rougeâtre que l'on observe macroscopiquement sont dues aux températures de cuisson un peu plus élevées qui règnent en bordure du corps céramique. Ces zones ont été éliminées par la préparation des échantillons (cf. 4.2.1).

6.1.5 Origine des trois poêles

Les corps céramiques des catelles du poêle 1 sont chimiquement bien différents de ceux des deux autres poêles, mais aussi de ceux attribués aux ateliers de J. R. STERN, A. NUOFFER et J. B. NUOFFER (MAGGETTI ET AL. 2014), (Fig. 8 b, c, g). Les catelles des poêles 2 et 3 forment un groupe plus homogène et pourraient dès lors être issues d'une même manufacture, mais qui ne serait pas celle de STERN, ni des deux NUOFFER, vu les différences chimiques notables de leurs corps céramique (Fig. 8g).

L'analyse chimique met en outre en évidence que ni le perroquet FR 158, ni la catelle de couronnement FR 185 peuvent être attribuées à ces productions (Fig. 8). La vaisselle en faïence fribourgeoise de la manufacture du Sauvage a selon les analyses de BLANC (2007a, b) une toute autre composition, beaucoup plus riche en oxyde de calcium ($> 15\%$ poids CaO). Mais ce constat n'est pas une preuve absolue que les poêles 2 et 3 n'auraient aucune relation avec les trois plus importantes manufactures fribourgeoises de la deuxième moitié du XVIII^e siècle, car la base de donnée est pour le moment beaucoup trop restreinte. Ce n'est qu'en augmentant le nombre des analyses que l'on pourra se rendre compte de la variation chimique des produits des trois manufactures.

Les trois catelles de Porrentruy, Grand'Fin de ca. 1750 ont des corps céramiques calcifères (THIERRIN-MICHAEL 2003). Mais leur composition chimique les différencie nettement des catelles de Fribourg, comme le démontre le tableau 5. Ces différences importantes sont le reflet des compositions chimiques des matières premières locales, qui ne sont pas les mêmes à Fribourg et à Porrentruy, Grand'Fin, ce qui n'étonne guère si l'on considère la situation géologique des deux sites.

6.2 Les glaçures opaques blanches

6.2.1 Les surfaces crevées de petites bulles du poêle 1

Ce défaut est dû à une cuisson mal faite et trouve son explication dans plusieurs facteurs (SALMANG & SCHOLZE 1968, STEFANOV & BATSCHEWAROV 1988, LEHMANN 2000). Si la température du four céramique augmente trop rapidement, le dégazage du corps et de la glaçure ne sera pas terminé au début du refroidissement. En effet, il faut laisser le temps aux phases gazeuses, qui naissent par des réactions dans le corps et la glaçure lors de l'augmentation de la température dans le four, de pouvoir s'échapper à travers la glaçure liquide, et à ce moment, la glaçure ne devra pas être trop visqueuse pour qu'elle puisse remplir les cratères des bulles échappées. Un autre facteur pouvant donner de telles surfaces défectueuses est la présence de vapeur d'eau dans la chambre de cuisson, qui s'y forme en utilisant p. ex. du combustible humide. Une troisième cause est une surcuisson de la catelle. C'est très probablement celle-ci qu'il faut considérer pour les catelles du four 1, car leur glaçure stannifère est très riche en cristobalite, une phase SiO_2 de haute température (cf. 6.2.2).

6.2.2 Recettes

Les glaçures blanches opaques stannifères sont du type plombique, avec peu d'alcalis, et correspondent grossièrement aux compositions d'autres manufactures de faïence. Les divergences chimiques qu'on observe entre les glaçures des trois poêles (Tab. 3) indiquent trois recettes de glaçure différentes, reflétant soit trois ateliers différents, soit un changement de recette dans un même atelier de céramique.

Une étude systématique des recettes de glaçure stannifères des faïenceries françaises du XVIII^e siècle (MAGGETTI 2013b) révéla que les faïenciers français eurent recours, pour la préparation de cette glaçure blanche, surtout au sel (chlorure de sodium NaCl) et moins souvent à la soude (carbonate de sodium Na₂CO₃). Cette préférence française pour des fondants sodiques apparaît aussi dans le recettaire de DANIEL HERRMANN, directeur 1763-1767 de la manufacture de faïence FRISCHING de Berne, qui utilisa en 1763-1769 les même fondants (STAHELIN 1970, BOSCHETTI-MARADI 2006, MATTHES 2013). Elle se retrouve dans les recettes de la faïencerie soleuroise de Matzendorf de 1806-1810 où l'on parle surtout de sel et que rarement de sel & soude (FELCHLIN 1971).

Mais les rares analyses chimiques des glaçures stannifères françaises du XVIII^e et du début du XIX^e siècle montrent une autre image. En effet, si leurs concentrations en Na₂O confirment l'utilisation de fondants sodiques, celles en K₂O, par contre, sont hautes: ca. 3-4 % poids pour la faïence de Nevers du XVIII^e s., mais exception faite pour le XIX^e s. avec 1-1.5 % poids des deux catelles analysées (ROSEN ET AL. 2006), 4-6 % poids pour la faïencerie Babut (EMERY 2012), et ca. 4 % poids pour les faïenceries du Bois d'Epense (MAGGETTI ET AL. 2009b) et de Granges-le-Bourg (MAGGETTI 2013b). Ces hautes teneurs ne s'expliquent que par l'utilisation d'un fondant potassique, non mentionné dans les sources écrites du XVIII^e siècle. Un pareil état de fait apparaît pour les carreaux français Médiévaux et de la Renaissance qui ont des glaçures riches en K₂O, avec peu d'exceptions, aux concentrations en potassium faible. C'est le cas pour les glaçures stannifères de deux carreaux du XIV^e siècle (METREAU ET AL. 2012) avec des teneurs en K₂O et Na₂O inférieures à 0.5 % poids. Par contre, BEN AMARA ET AL. (2005) trouvèrent des valeurs K₂O de ca. 3-5 % poids et Na₂O de ca. 1.7-2.2 % poids pour la glaçure des catelles d'un château du Duc de Berry (fin XIV^e siècle). Les glaçures de deux catelles de Longecourt-en-Plaine (1495) ont de nouveau moins de 0.63 % poids K₂O et ca. 3.65 % poids de Na₂O, se démarquant nettement des carreaux de Brou (1531-1532), d'ABAQUESNES/Rouen (ca. 1542), de Polisy (1545), de Langres (1551) et de Thouard/Nevers (1636), bien plus riches en K₂O (2.4 - 4.2 % poids) et 0.3-1.6 % poids Na₂O (BOUQUILLON 2000). Il faudra donc beaucoup plus d'analyses pour élucider l'histoire complexe des recettes.

En Italie, la situation est différente, car les manufacturiers de majolique favorisèrent un fondant riche en potassium. En effet, le sel n'est mentionné dans le manuscrit du cavaliere PICCOLPASSO, écrit dans les années 1557 à 1559, donc à l'âge d'or de la majolique italienne, que dans peu de recettes pour la fabrication du *marzacotto*, un produit intermédiaire obtenu en frittant du sable avec un fondant potassique, c. à. d. la lie de vin ou les cristaux de tartrate de potassium (L'HOTE ET AL. 2007, LIGHTBOWN & CAIGER-SMITH 1980, 2007). 100 ans plus tard, la collection de recettes de DIONIGI DI FRANCESCO MARMI (1610-1681), un membre d'une dynastie majolique importante de Montelupo, compilé majoritairement entre dans les années 1636 à 1640 (resp. 1674), énumère 21 recettes pour le *marzacotto* (CALABRANCI codex, livre I, partie I, marzacotti). 20 sont à fondant potassique, dont 16 avec un fondant sodique (sel), et seulement une recette ne contient que du sel (BERTI 2003). Cette technique italienne

est bien manifeste dans les des fortes teneurs en potassium (et en sodium) des glaçures stannifères des majoliques italiennes du XIII^e au XVII^e siècle (TITE 2009).

Il est intéressant de noter que le fondant riche en potassium (de la tradition technique italienne ?) était apparemment de mise dans l'Est de la Suisse. En effet, FRÜH (2005) énumère douze recettes pour les glaçures blanches de Steckborn, utilisées possiblement dans la poêlerie de DANIEL IV MEYER. Six ont comme ingrédients des fondants riches en potassium (potasse K_2CO_3 , salpêtre KNO_3) - ce qui devrait se traduire dans une teneur marquée en K_2O de la glaçure - les autres six recettes ne parlent que du sel. Il n'y a pour le moment aucune analyse de glaçures de catelles de poêle de l'Est de la Suisse. En guise de comparaison, le cas de la faïencerie allemande de Fulda (1741-1760) peut être référé où des concentrations en K_2O notables (3-4 % poids pour des teneurs en Na_2O comparables aux catelles étudiées) ont été déterminées pour les glaçures stannifères (MAGGETTI 2015a). Ces compositions correspondent à première vue aux recettes hollandaises, importées par des potiers italiens, qui mélangèrent de la soude et de la potasse (KUNCKEL 1679), mais la forte teneur en chlore de la glaçure stannifère de Fulda indique plutôt l'utilisation de sel, soit seul, soit combiné avec la soude.

Qu'en est-il des catelles des fours 1 à 3? Sont-elles dans la tradition des écrits français (aux fondants sodiques) ou italiens (aux fondants potassiques et sodiques)? Les basses teneurs en potassium (Tab. 3, K*) et les fortes concentrations en sodium (Na^*) sont un signe évident que les artisans des trois poêles de la Grand-Rue 59 de Fribourg suivirent la tradition technique française. La présence de chlore indique en outre que le sel fut favorisé par rapport à la soude. Cette recette est bien différente de celle de la vaisselle de table de l'atelier du Sauvage aux teneurs K* bien plus hautes pour la période 1758-1798 (Tab. 3: analyses FR 14, 16, 19, 112 aux textures A, BLANC 2007a), mais analogues pour la période 1790-1810 (Tab 3: FR 42-46 aux textures B, BLANC 2007a). Les glaçures des catelles fribourgeoises analysées par MAGGETTI ET AL. (2014) ont des teneurs Na^* comparables (STERN: 2.4 % poids, A. NUOFFER 2.4 et J. B. NUOFFER 2.5), mais de K* plus hautes (STERN: 1.2-1.6 % poids, A. NUOFFER 2.6 et J. B. NUOFFER 1.4). L'utilisation d'un peu de fondant potassique dans la recette, allant de pair avec un fondant sodique, est ainsi plausible. Mais ce constat n'est pas une preuve absolue que les trois poêles 1-3 ne proviennent pas de ces trois manufactures, car les poêleries pourraient avoir changé les recettes au cours du temps.

La concentration en K* du perroquet FR 158 est comparable à celle de la période 1790-1810 du Sauvage, avec une teneur en Na^* quand même nettement inférieure. Les effets volatilisateurs du faisceau électronique pour le sodium d'un matériel vitreux sont bien connus, et pourraient ainsi expliquer ces basses teneurs.

Le rapport Pb/Sn est un moyen pour cerner le dosage de la calcine dans les faïenceries opérant selon le système français (MAGGETTI 2013b). Ce rapport est pour toutes les catelles et faïences fribourgeoises inférieur à 3,5, ce qui indique que les

mélanges de départ n'avaient pas assez de plomb pour fixer tout l'étain en tant que stannate de plomb. Il devait donc rester un excédent d'oxyde d'étain non combiné sous forme de gros grains, visibles dans la Fig. 13 c. Mais ces calculs ne sont valables que si l'on exclut l'adjonction de plomb supplémentaire dans la recette finale.

Les microstructures donnent encore plus de renseignements sur les recettes des glaçures. Les amas de cassitérites, souvent à contour anguleux (Fig. 12), sont des restes du blanc, c. à. d. de la masse vitreuse blanche opaque obtenue par frittage à haute température d'un mélange de calcine, de sable très pur (quartz) et de fondants (surtout du sel marin, MAGGETTI 2013b). Dans la plupart des cas, ce mélange était étalé sur un lit de sable à la base du four où régnait de fortes températures. Pendant la cuisson du blanc, tous les cristaux de quartz passaient à l'état liquide et les cassitérites cristallisent. Après refroidissement, le blanc se présentait comme un verre opaque blanc, riche en cassitérites. Ce blanc était ensuite réduit en poudre, tamisé et mélangé à de l'eau, et éventuellement à un peu d'argile pour augmenter la viscosité de la suspension liquide, et ainsi obtenir la glaçure blanche brute, prête à couvrir les dégourdis. Les fragments du blanc que l'on observe démontrent: (1) que le passage au moulin était bien trop bref pour obtenir une poudre plus fine; et (2) que la deuxième cuisson des catelles n'était pas assez longue pour homogénéiser la glaçure, visqueuse à haute température, en dissolvant ces fragments de blanc reliques.

La richesse en cristobalite des glaçures du poêle 1 et l'absence de ce type de cristal dans les catelles des deux autres poêles trouve son explication si l'on admet que ces deux catelles furent soumises à de plus hautes températures que les autres, comme le témoigne l'aspect macroscopique c. à. c. les surfaces crevées de petites bulles. Mais ces effets de hautes températures ne se manifestent ni dans les diffractogrammes RX, ni dans la microstructure des corps céramiques. On doit en déduire que les surfaces subirent bel et bien une surcuisson, mais de très courte durée, éventuellement sous forme d'un coup de feu violent, sans affecter le corps céramique.

Les poêliers ajoutèrent aussi un peu de quartz broyé au mélange glaçure + eau. Ces cristaux de quartz broyés ont des angles bien arrondis et sont entourés par une matrice vitreuse riche en SiO_2 , exempte de cassitérites, témoin du début de fusion lors de la deuxième cuisson des catelles (Fig. 12, 13). Un tel ajout de grains de quartz au blanc est une pratique courante dans les ateliers de faïence français. Mais le sens d'une telle manière de faire est peu clair. Voulait-on épargner de l'étain en le remplaçant par du quartz (MASON & TITE 1997, MOLERA ET AL. 2001)? Voulait-on augmenter la translucidité de la glaçure (KINGERY & ARONSON 1990)? Voulait-on rendre la poudre plus compacte (TITE 2009)? Aucun manuel technique ancien ou moderne ne fait allusion à ce type d'ajout (MAGGETTI 2013b). Le fait qu'une fusion de quartz pur donne un liquide très visqueux pourrait indiquer une solution: les potiers ajoutèrent du quartz broyé tout simplement pour augmenter la viscosité de la glaçure liquide afin d'empêcher qu'elle s'écoule trop facilement de la surface des catelles qui étaient cuites en position verticale.

Le perroquet FR 158 se démarque des autres catelles par la présence de minuscules zones de glaçure homogène, sans cassitérites, où l'on remarque les amas de minuscules granules SiO_2 , (Fig. 12a). Le contenu en étain (SnO_2) est faible et doit être dissout dans la phase vitreuse, car on ne voit pas de cristaux de cassitérite. Les concentrations en Al_2O_3 , SiO_2 , CaO et Fe_2O_3 sont nettement supérieures à celles de la glaçure opaque blanche, et l'on est tenté d'interpréter ces domaines comme étant du verre recyclé, dont la teneur en PbO pourrait être due aux diffusions lors de la cuisson.

7. Conclusion

Les analyses de huit catelles de trois poêles de la maison Grand Rue 59 à Fribourg ont démontré: (1) que l'identification du décor floral reste une tâche difficile; (2) qu'il y a des disparités chimiques et morphologiques des corps céramiques et des glaçures pour les catelles des trois poêles, surtout entre le poêle 1 et les deux autres, et (3) qu'une attribution aux poêleries de J. R. STERN, A. NUOFFER et J. B. NUOFFER ou à la manufacture de faïence du Sauvage semble pour le moment peu probable, surtout pour les catelles du poêle 1 qui doivent être issues d'une autre manufacture, probablement de celle d'HUMBERT BARDY, active en 1747-1755 (Tab. 1). Même si le nombre restreint de la base de comparaison et d'objets analysés appelle à la prudence, les déductions et les interprétations semblent mettre en évidence différentes recettes et modes de faire des ateliers fribourgeois du XVIII^e siècle, qu'il faudra étayer avec d'autres analyses.

Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude aux personnes suivantes: NICOLE BRUEGGER pour la mise au net des Fig. 1 et 8, PATRICK DIETSCHE pour la préparation des lames minces, des sections polies, et la préparation des perles FRX, ILDIKO KATONA SERNEELS pour l'aide dans la photographie microscopique et CHRISTOPH NEURURER pour les conseils aux analyses au MEB. Nous remercions l'Association des Amis de l'Archéologie de Fribourg pour le soutien financier de cette étude et MARGRIT FRÜH, JOHANN BAPTIST SCHREIBER et MARIE-THERESE TORCHE-JULMY pour les discussions et les renvois à la littérature.

Bibliographie

- AMIGUES, F. (2002): Technique de fabrication de la céramique valencienne.- Le calife, le prince et le potier. Les faïences à reflets métalliques. Catalogue de l'exposition au Musée des Beaux Arts de Lyon (2.3.-22.5.02). Musée des Beaux Arts de Lyon et Réunion des musées nationaux, Paris, 2002, 180-213.

- BEN AMARA, A., GOURDON-PLATEL, N., BECHTEL, F., SCHVOERER, M. & BON, P. (2005): Carreaux glaçurés provenant d'un château du Duc de Berry (Mehun-sur-Yèvre, fin XIV^e siècle): recherche d'indices techniques. *Archéosciences, Revue d'Archéométrie*, 29, 21-34.
- BEN AMARA, A. (2002): Céramiques glaçurées de l'espace méditerranéen (IXe-XVIIe siècles ap. J.-Chr.): matériaux, techniques et altération. Thèse non publiée, Université de Bordeaux 3.
- BEN AMARA, A. & SCHVOERER, M. (2006): Interaction between lead glazes and bodies: research on the mode of application of the glazing mixtures. In: PEREZ-ARANTEGUI, J. (ed.), 34th International Symposium on Archaeometry, 3-7 May 2004, Zaragoza. Vol. 2.621 Institución «Fernando el Católico». Zaragoza, 399-404.
- BERTI, F. (ed.) (2003) : Dionigi Marmi, Segreti di Fornace. Aedo Editore, Montelupo Fiorentino.
- BLANC, C. (2007a): Etude archéométrique de la faïencerie du Sauvage, Fribourg (1758-1810). Thèse non publiée, Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Fribourg.
- BLANC, C. (2007b): Etude archéométrique. In: MAGGETTI, M. (dir.) *La faïence de Fribourg (1753-1844)*. Faton, Dijon, 82-125.
- BOSCHETTI-MARADI, A. (2006): Gefässkeramik und Hafnerei in der Frühen Neuzeit im Kanton Bern. Schriften des Bernischen Historischen Museums, 8. Bernisches Historisches Museum, Bern.
- BOURGAREL, G. (2003): Gruyères/Bourg 30. Une rescapée de l'exploitation touristique. *Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise* 5, 192-215.
- BOURGAREL, G. (2004): Pont-en-Ogoz: bourg ou ville médiévale? *Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise* 6, 41-64.
- BOURGAREL, G. (2007): La Grand-Rue 10: précieux témoin de l'histoire d'une ville! *Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise/Freiburger Hefte für Archäologie*, 9, 36-117.
- BOURGAREL, G. (2009): Bulle/Poterne, Les productions de l'atelier de la Poterne à Bulle. In BUGNON D. et al. (réd), *Découvertes archéologiques en Gruyère. Quarante mille ans sous la terre*. Publication accompagnant l'exposition des musées de Bulle et de Charmey, Fribourg, 100-101, 114-115.
- BOURGAREL, G. (2011), «Céramique en milieu urbain dans le canton de fribourg : 1150-1350», in Urs Niffeler (réd) *Siedlungsbefunde und Fundkomplexe der Zeit zwischen 800 und 1350 – habitat et mobilier archéologiques de la période entre 800 et 1350. Akten des Kolloquiums zur Mittelalterarchäologie in der Schweiz – Actes du Colloque « Archéologie du moyen Age en Suisse*, Frauenfeld, 28-29 10 2010, Bâle, 427-447
- BOURGAREL, G. (2013a): Les premiers témoignages de productions stannifères en Suisse et dans le canton de Fribourg (XVe-XVIIe siècles). In: Maggetti, M., Morin, G. et Rech, G. (éds.) *Faïences et faïenceries de l'arc jurassien et ses marges, procédés techniques et décors, l'apport des sources et de l'archéologie*. Actes de la deuxième table ronde Franco-Suisse, 24-25 octobre 2009, Vesoul. Conseil général de la Haute-Saône et Archives départementales de la Haute-Saône, Vesoul, 59-89).

BOURGAREL, G., avec coll. HEINZELMANN, D. (2013b): Cugy, un château à l'écart des routes. Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise/Freiburger Hefte für Archäologie 15, 4-41.

BOUQUILLON, A. (2000): Observations sur la technique et la composition des glaçures de quelques carreaux de pavements Renaissance provenant de Brou, Longecourt-en-Plaine, Thouars, Langres, Polisy et Rouen. In: ROSEN, J. (éd.) Images du pouvoir. Pavements de faïence en France du XIII^e au XVIII^e siècle. Musée de Brou et Réunion des Musées Nationaux, Brou et Paris, 185-187.

DE ZURICH, P. (1928): La maison bourgeoise en Suisse. XXème volume, Le canton de Fribourg sous l'Ancien Régime. Orell Füssli, Zurich.

EMERY, L. (2012): Approches archéométriques des productions faïencières françaises du XVIII^e siècle. Le cas de la manufacture Babut à Bergerac (env. 1740-1789). Thèse de doctorat en sciences archéologiques, Université Michel de Montaigne, Bordeaux 3.

FABBRI, B., GUALTIERI, S. & SHOVAL, S. (2014): The presence of calcite in archaeological ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 34, 1899-1911.

FELCHLIN, M. (1971): Das Arkanum der Matzendorfer Keramiken. Jahrbuch für solothurnische Geschichte, 44, 8-55.

FORTINA, C., SANTAGOSTINO BARBONE, A. & TURBANTI MEMMI, I. (2005): Sienese "archaic majolica": a technological study of ceramic bodies and coatings. Archaeometry, 47, 3, 535-555.

FREI, K. (1932): Bemalte Steckborner Keramik des 18. Jahrhunderts. Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich, 31.

FRÜH, M. (2005): Steckborner Kachelöfen des 18. Jahrhunderts. Orell Füssli, Zürich.

GRANDJEAN, M. (dir.) (1991): Lutry, arts et monuments, vol. 1 et 2. Lutry, 274-277, 414, 495.

HEIMANN, R. B. & MAGGETTI, M. (2014): Ancient and Historical Ceramics. Materials, Technology, Art, and Culinary Traditions. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, 550 p.

JANKE, D.-M. (1989): Technik und Herkunft mittelalterlicher Ofenkacheln aus der Nordwestschweiz. Travail de diplôme, non publié, Institut de minéralogie de l'Université, Fribourg, Suisse.

JANKE, D.-M., GALETTI, G. & STERN, W. (1991): Mittelalterliche Ofenkacheln – chemische und mineralogische Untersuchungen. In: TAUBER, J. (Hsg.) Methoden und Perspektiven der Archäologie des Mittelalters. Archäologie und Museum, 20, 177-185.

JORNET, A. (1982): Analyse minéralogique et chimique de la céramique romaine en suisse à enduit brillant. Thèse de doctorat. Université de Fribourg, Suisse.

KAENEL, G., PAUNIER, D., MAGGETTI, M. & GALETTI, G. (1982): Les ateliers de céramique gallo-romaine de Lousonna (Lausanne-Vidy VD): analyses archéologiques, minéralogiques et chimiques. Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 65, 93-132.

KINGERY, W. D. & ARONSON, M. (1990): The glazes of Luca della Robbia, Faenza, 5, 221-225.

- KÜPFER, TH. & MAGGETTI, M. (1978): Die Terra Sigillata von La Péniche (Vidy/Lausanne). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 58, 189-212.
- KUNCKEL, J. (1679): Ars Vitraria Experimentalis, oder Vollkommene Glasmacher-Kunst. Franckfurt und Leipzig.
- LAMBOOY, S. M. R. (2013): Een glaze dat 'Wit, Zuiver en Glinstrende' is. De bereiding en samenstelling van tinglazuur in de Noordelijke Nederlanden. A glaze that is 'White, Pure and Glistening'. The preparation and composition of tin glazes in the Northern Netherlands. In: Delfts Wit, Het is niet alles blauw dat in Delft blinkt. White Delft. Not just blue. Geemntemuseum Den Haag, Waanders Uitgevers Zwolle, 125-146.
- LEHNHÄUSER, W. (2000): Keramische Glasuren und ihre Farben. Für Studium-Handwerk-Industrie. Ritterbach Verlag GMbH, 50208 Frechen, 4. Auflage.
- L'HOTE, J. M., ROSEN, J., & SFEIR-FAKHRI, L., (2007): Les trois livres de l'art du potier. Revue de la céramique et du verre, Vendin-le-Vieil.
- LIGHTBOWN, R., & CAIGER-SMITH, A., (1980): The Three Books of the Potter's Art. Dover, London. Re-édition 2007, Revue de la céramique et du verre, Vendin-le-Vieil.
- MAGGETTI, M. (1981): Composition of Roman pottery from Lousanna (Switzerland). In: HUGHES, M. J. (ed.) Scientific studies in ancient ceramics. British Museum Occasional Paper, London, 19, 33-40.
- MAGGETTI, M. (1982): Phase Analysis and its Significance for Technology and Origin. In: OLIN, J.S. & FRANKLIN, A.D. (eds): Archaeological Ceramics, Smithsonian Institution, Washington, 121-133.
- MAGGETTI, M. (2007a, dir.): La faïence de Fribourg (1753-1844). Faton, Dijon.
- MAGGETTI, M. (2007b): Technique de la faïence française (Fin XVIII^e/Début XIX^e siècle). In: MAGGETTI, M. (dir.) La faïence de Fribourg. Faton, Dijon, 14-31.
- MAGGETTI, M. (2009): Neolithic pottery from Switzerland : raw materials and manufacturing processes. – In: SHORTLAND, A. J., FREESTONE, I. C. & REHREN, TH. (eds.): From Mine to Microscope, Advances in the Study of Ancient Technology, Oxbow Books, 29-42.
- MAGGETTI, M. (2012): Technology and Provenancing of French faience, In: HERRERO, J.M. & VENDRELL, M. (Eds.), Seminarios de la Sociedad Espanola de Mineralogia, 09, 41-64.
- MAGGETTI, M. (2013a): La tuilerie-faïencerie de Granges-le-Bourg: analyses archéométriques de la céramique. - In: MAGGETTI, M., MORIN, D. & RECH, G. (eds.): Deuxième Table Ronde Franco-Suisse: Faïences et faïenceries de l'arc jurassien et ses marges. Procédés techniques et décors. L'apport des sources et de l'archéologie. Actes du colloque Vesoul 24-25.10.2009. Conseil général de la Haute-Saône, 33-57.
- MAGGETTI, M. (2013b): Glaçures et pigments de la faïencerie Granges-le-Bourg (Haute Saône, France). Analyse et reconstitution technique. In: Janot, F., Giuliano, G. et Morin, D. (éds). Indices et traces: la mémoire des gestes. Actes du colloque international 16, 17 et 18 juin 2011,

U. F. R. d'Odontologie de l'Université de Lorraine, Presses Universitaires de Nancy, Editions Universitaires de Lorraine, 319-360.

MAGGETTI, M. (2015a): Naturwissenschaftliche Charakterisierung von Fayencen aus Fulda. - In: STASCH, G., Made in FD, Spitzentechnologie aus der Fuldaer Fayence-Manufaktur (1741-1760). Ausstellungs-Katalog 13. März – 31. Mai 2015, Vonderaumuseum Fulda, 125-154.

MAGGETTI, M. (2015b): Europäische Fayencetechnik im 18. Jahrhundert. - In: Stasch, G., Made in FD, Spitzentechnologie aus der Fuldaer Fayence-Manufaktur (1741-1760). Ausstellungs-Katalog 13. März – 31. Mai 2015, Vonderaumuseum Fulda, 26-39.

MAGGETTI, M. & GALETTI, G. (2000): Naturwissenschaftliche Analyse der Fayence von Matzendorf. In: 200 Jahre keramische Industrie in Matzendorf und Aedermannsdorf 1798-1998. Matzendorf, Verein "Freunde der Matzendorfer Keramik", 100-183.

MAGGETTI, M., MORIN, D., & SERNEELS, V. (2009a): High-Mg faïences from Granges-le-Bourg (Haute Saône, France). – Biro, K. T., Szilagyi, V., Kreiter, A. (eds). Proceedings of the conférence EMAC'07, 9th European Meeting on Ancient Ceramics, 24-27 October 2007, Budapest, Vessels: Inside and outside, 207-216.

MAGGETTI, M., NEURURER, CH., & ROSEN, J. (2009b): Antimonate opaque glaze colours from the faience manufacture of Le Bois d'Epense (19th century, Northeastern France). Archaeometry, 51, 5, 791-807.

MAGGETTI, M. & BOURGAREL, G. (2010): Arguments chimiques pour une origine fribourgeoise de la cuvette en faïence du Château de Gruyères. Mitteilungsblatt der Keramik-Freunde der Schweiz, 123, 15-17.

MAGGETTI, M., GALETTI, G. & TORCHE-JULMY, M.-T. (2014): Analyses scientifiques de quelques catelles de poêles fribourgeois du XVIII^e s.. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., 103, 59-82.

MAGGETTI, M., SERNEELS, V., & STASCH, G. (2015): Composition and technology of 18th century high magnesia faïences from Fulda. Journal of Archaeological Science: Reports, 2, 40-50.

MASON, R. B. & TITE, M. S. (1997): The beginnings of tin-opacification of pottery glazes. Archaeometry, 39, 41-58.

MATTHES, W. E. (2013): Glasuren für Ofenkacheln – Historische Beispiel von Rezepten des 17. bis 19. Jahrhunderts. In: SIEBENMORGEN, H. (Hsg.) Blick nach Westen: Keramik in Baden und im Elsass. 45. Internationales Symposium Keramikforschung, Badisches Landesmuseum Karlsruhe, 24.-28.9.2012. Badisches Landesmuseum, 233-241.

METREAU, L. (2012): La «faïence» dans les pavements médiévaux en France (XIII^e-XIV^e s.): approche technique, stylistique et symbolique du cas de Suscinio (c. 1330-1350). Thèse de doctorat en «Sciences Archéologiques», Tomes 1 et 2, Université Michel de Montaigne Bordeaux 3, Bordeaux.

METREAU, L., CANTIN, L., BECHTEL, F. & ROSEN, J. (2012): La faïence dans le pavement mixte de la maison-forte de Brain-sur-Allonne (Maine et Loire): quel mode de transmission technique ? Revue archéologique de l'Ouest, 29, 243-258.

- MOLERA, J., PRADELL, T., SALVADÓ, N. & VENDRELL-SAZ, M. (2001): Interactions between clay bodies and lead glazes. *Journal of the American Ceramic Society*, 84, 5, 1120-28.
- PETERS, TJ. & JENNI, J.P. (1973): Mineralogische Untersuchungen über das Brennverhalten von Ziegeltonen. *Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie*, 50.
- PETERS, TJ. & IBERG, R. (1978): Mineralogical changes during firing of calcium-rich brick clay. *American Ceramic Society*, 57, 503-506.
- ROSEN, J. (1995): *La faïence en France du XIV^e au XIX^e siècle, Histoire et Technique*. Editions errance, Paris.
- ROSEN, J. (2009): *La faïence de Nevers 1585-1900, Tome 1, Histoire et techniques*. Faton, Dijon.
- ROSEN, J., DE LUCAS MARIA DEL CARMEN, M., MONCADA, F., MORIN, A. & BEN AMARA, A. (2006): *Le rouge est mis: analyse des rouges dans la faïence de « grand feu » du XVIII^e et du XIX^e siècle (avec le rouge de Thiviers)*. Archéosciences, revue d'archéométrie, 30, 95-197.
- ROTH, E. (1999): Ein bernischer Fayence-Kachelofen aus dem Jahr 1518. *Kunst und Architektur in der Schweiz* 50/2, Bern, 22-32.
- ROTH HEEGE, E. (2011): Die archäologischen Untersuchungen. In: ROTH HEEGE, E. & THIERRIN-MICHAEL, G. (2011) Frühneuzeitliche Hafnerei in Zug (Schweiz). *Archäologische und archäometrische Untersuchungen. Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich* 27, 53-59.
- ROTH HEEGE, E. (2012): Ofenkeramik und Kacheln. Typologie, Terminologie und Rekonstruktion im deutschsprachigen Raum (CH, D, A, FL) mit einem Glossar in sechzehn Sprachen. *Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters*, 39. Walter, Olten u. Freiburg i. Br..
- ROTH KAUFMANN, E., BUSCHOR, R. & GUTSCHER, D. (1994): Spätmittelalterliche reliefierte Ofenkeramik in Bern. Herstellung und Motive. Bern.
- SALMANG, H. & SCHOLZE, H. (1968): *Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Keramik*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 5. Auflage.
- SCHEIDIGER, H. (1998): REM Untersuchungen. Schlussbericht. Manuscrit non publié.
- SCHNYDER, R. (2007): Les décors de grand feu de Fribourg. In: MAGGETTI, M. (dir.) *La faïence de Fribourg (1753-1844)*. Faton, Dijon, 184-185.
- SCHNYDER, R. (2010): Zum Giessgefäß mit Lavabo aus Schloss Greyerz. *Mitteilungsblatt der Keramik-Freunde der Schweiz*, 123, 18-20.
- SCHNYDER, R. (2012): *Mittelalterliche Ofenkeramik. Band I und II*. Chronos, Zürich.
- SCHREIBER, J. B. (1973): Die Herstellung der Ofenkachel. Schreiber Keramik AG, Matzingen, 6 S.
- STAHEHHLIN, W. A. (1970): Keramische Forschungen aus bernischen Archiven: Die Öfen der Manufaktur Frisching. *Mitteilungsblatt der Keramik-Freunde der Schweiz*, 81, 3-35.

STEFANOV, S. & BATCHWAROV, S. (1988): Keramik-Glasuren. Ceramic Glazes. Bauverlag GmbH, Wiesbaden & Berlin.

THE MUNSELL BOOK OF COLOR (2007). Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, New Windsor, New York.

THIERRIN-MICHEL, G. (1992): Römische Weinamphoren. Mineralogische und chemische Untersuchungen zur Klärung ihrer Herkunft und Herstellungsweise. Unpublizierte Dissertation Universität Freiburg, Schweiz, 215 p.

THIERRIN-MICHAEL, G. (2003): Contribution des analyses chimiques, pétrographiques et minéralogiques. Dans: BABEY, U., avec la contribution de THIERRIN-MICHAEL, G. (2003), Produits céramiques modernes. Ensemble de Porrentruy, Grand'Fin. Office de la culture, société jurassienne d'Emulation, Porrentruy, 121-137.

THIERRIN-MICHAEL, G. (2011): Die archäometrische Untersuchung. In: ROTH HEEGE, E. & THIERRIN-MICHAEL, G. (2011) Frühneuzeitliche Hafnerei in Zug (Schweiz). Archäologische und archäometrische Untersuchungen. Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich 27, 59-64.

TITE, M. S. (2009): The production technology of Italian maiolica: a reassessment. Journal of Archaeological Science, 36, 2065-2080.

TORCHE-JULMY, M.-TH. (1972/73): Ein bedeutender Kachelofen des Johann-Baptist Nuoffer in Freiburg. Freiburger Geschichtsblätter, 58, 74-77.

TORCHE-JULMY, M.-TH. (1979a): Poêles fribourgeois en céramique. Fragnière SA, Fribourg.

TORCHE-JULMY, M.-TH. (1979b): Les poêles en céramique. Trésors de l'artisanat en Suisse romande, Edita, Lausanne, 145-157.

TORCHE-JULMY, M.-TH. (2000): Les poêles, objets utilitaires ou symbole de pouvoir. Patrimoine Fribourgeois 12, 26-28.

WOLF, S. (2002): Estimation of the production parameters of very large medieval bricks from St. Urban, Switzerland.- Archaeometry, 2002, 44, 1, 37-65.

ZANCO, A. (1999): Provenance and technology of Gallo-Roman Terra Sigillata Imitations from Western Switzerland. PhD thesis, University of Fribourg (Switzerland).

ZURICH, P., de (1928): Le canton de Fribourg sous l'ancien régime. La Maison Bourgeoise en Suisse vol. XX, Zurich-Leipzig, pl. 38, 52, LXIX-LXX.

Tab. 1: Liste des huit catelles analysées. Couleur de la poudre selon THE MUNSELL BOOK OF COLOR (2007).

Numéro		Description	Poèle	Datation	Couleur
analyse	inventaire				
FR 187	FBO-GR59 2012-004	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et paysage polychrome central.	3	1770-1790	7.5YR 8/4
FR 188	FBO-GR59 2012-005	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et bouquet floral polychrome central.	3	1770-1790	10YR 8/4
FR 189	FBO-GR59 2012-006	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et bouquet floral polychrome central.	2	1770-1790	7.5YR 8/4
FR 190	FBO-GR59 2012-007	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et bouquet floral polychrome central.	2	1770-1790	10YR 8/4
FR 191	FBO-GR59 2012-008	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et bouquet floral polychrome central.	2	1770-1790	10YR 8/4
FR 192	FBO-GR59 2012-002	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et paysage violet central.	1	1747-1755	10YR 8/4
FR 193	FBO-GR59 2012-001	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et paysage violet central.	1	1747-1755	5YR 7/6
FR 195	FBO-GR59 2012-003	Catelle de corps. Décoration de grand feu: cadre rocaille violet et paysage polychrome central.	3	1770-1790	7.5YR 8/4

Tab. 2: Résultat des analyses chimiques par FRX. Oxydes et PF (perte au feu) en % poids, éléments en ppm. Le perroquet FR 158 et la catelle de couronnement FR 183 selon BLANC (2007a).

Oxide/Élément	No. d'analyse									
	Poèle 1		Poèle 2			Poèle 3			Divers	
	Fr192	Fr193	FR189	FR190	FR191	FR187	FR188	FR195	FR 158	FR 183
SiO ₂	69,05	66,83	63,40	63,68	63,25	63,95	61,52	61,54	65,91	60,04
TiO ₂	0,48	0,51	0,56	0,56	0,56	0,55	0,56	0,56	0,55	0,63
Al ₂ O ₃	10,87	11,78	12,71	12,00	12,74	12,80	12,46	12,90	11,81	13,25
Fe ₂ O ₃	4,12	4,60	5,16	4,68	5,15	5,33	4,96	5,18	4,54	5,06
MnO	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,09
MgO	1,77	1,85	2,25	2,21	2,27	2,13	2,27	2,33	2,60	1,96
CaO	9,61	9,80	11,58	12,54	11,43	10,64	13,03	12,72	9,84	12,28
Na ₂ O	1,26	1,34	1,21	1,13	1,24	1,12	1,40	1,16	1,16	1,77
K ₂ O	1,92	2,12	2,13	2,05	2,14	2,16	2,18	2,28	2,08	2,44
P ₂ O ₅	0,10	0,10	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,16	0,47
Total	99,43	99,16	99,42	99,28	99,14	99,12	98,83	99,04	99,11	98,33
Ba	325	309	293	309	303	297	319	339	230	593
Cr	101	100	116	112	120	121	110	118	123	101
Cu	28	18	34	54	36	149	47	31	62	50
Nb	11	13	13	13	14	13	13	12	11	14
Ni	48	55	67	61	67	67	63	67	58	58
Pb	233	97	685	915	366	967	996	167	2429	1472
Rb	95	103	103	93	99	106	102	104	93	101
Sr	221	230	255	270	247	242	275	264	233	441
Y	26	30	34	32	32	34	33	30	27	27
Zn	68	75	82	74	88	83	82	84	72	65
Zr	162	172	176	185	166	168	169	157	173	182
PF	2,25	1,72	1,54	1,38	2,35	1,17	1,74	2,32	2,09	5,28

Tab. 3: Résultat des analyses chimiques par MEB-SEM. Nombre d'analyses entre parenthèses. Oxydes et totaux en % poids. Spot = analyse ponctuelle. Na* et K* sont les valeurs de Na₂O et K₂O recalculées en soustrayant le contenu en SnO₂ du total et en ramenant le tout de nouveau à 100 % poids.

No. d'an.	Epaisseur (mm)	Surface analysée/Spot	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	K ₂ O	SnO ₂	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	PbO	Total	Pb/Sn	Na*	K*
<i>Glaçure (matrice vitreuse et cristaux)</i>																		
FR 158 (3)	0.345	0.6x0.2 mm	1,4		2,8	35,4	2,0	0,5	17,3	0,8		0,4	0,3	38,9	100,0	2,6	1,7	0,6
FR 187 (1)	0.430	1x0.3 mm	2,5		1,3	41,1	0,3	0,3	17,8	2,0	0,3	0,4		34,0	100,0	2,3	3,0	0,4
FR 188 (1)	0.286	0.8x0.2 mm	1,7		1,0	45,0	1,5	1,2	17,9	1,5		0,3		29,9	100,0	2,0	2,1	1,5
FR 189 (1)	0.309	1.1x0.2 mm	2,2		0,8	43,9	1,2	0,4	17,3	1,7		0,4		32,1	100,0	2,2	2,7	0,5
FR 190 (2)	0.392	0.6x0.18 mm	2,4	0,3	1,1	45,1	0,9	0,5	17,5	1,7		0,4		30,1	100,0	2,0	2,9	0,6
FR 191 (2)	0.393	0.8x0.2 mm	2,4	0,2	0,9	42,2	0,2	0,4	18,1	1,8		0,4		33,4	100,0	2,2	2,9	0,5
FR 192 (1)	0.620	2x0.4 mm	2,6		1,1	41,8	1,2	0,5	18,8	1,8		0,5		31,7	100,0	2,0	3,2	0,6
FR 193 (1)	0.683	0.6x0.4 mm	2,4		0,9	42,6	0,7	0,3	19,1	1,9	0,2	0,5		31,4	100,0	1,9	3,0	0,4
FR 195 (1)	0.361	2x0.4 mm	2,0	0,3	1,3	40,9	0,9	1,0	17,8	2,2		0,4		33,2	100,0	2,2	2,4	1,2
<i>Débris de verre</i>																		
FR 187-1		20x20 µm	3,0	0,7	4,1	51,5	0,3	1,3	1,8	7,6		2,6		27,1	100,0			
<i>Matrice vitreuse</i>																		
FR 158-2		Spot	1,7		4,3	40,6	2,0	1,2	8,5	0,3		0,7	0,5	40,2	100,0		1,9	1,3
<i>Faïence de Fribourg, Atelier du Sauvage (Blanc 2007a)</i>																		
FR14 (6)		50x30 µm	3,0	0,6	2,2	41,6		1,9	16,1	1,5		0,4		32,7	100,0	2,4	3,6	2,3
FR16 (7)		50x30 µm	3,1	0,7	3,3	41,1		2,0	13,3	2,4		0,6		33,5	100,0	3,0	3,6	2,3
FR19 (6)		50x30 µm	4,3	0,7	1,7	42,7		2,5	14,1	2,1		0,3		31,6	100,0	2,6	5,0	2,9
FR112 (9)		50x30 µm	3,4	0,8	1,8	41,9		3,4	14,2	2,1		0,4		32,0	100,0	2,7	4,0	4,0
FR41 (4)		50x30 µm	4,0	0,6	2,5	50,4		0,9	11,4	3,1		0,7		26,4	100,0	2,7	4,5	1,0
FR42 (4)		50x30 µm	4,1	0,6	2,5	48,0		1,1	11,7	3,4		0,7		27,9	100,0	2,8	4,6	1,2
FR43 (6)		50x30 µm	3,8	0,6	2,5	49,3		1,3	10,9	3,8		0,7		27,1	100,0	2,9	4,3	1,5
FR44 (6)		50x30 µm	3,7	0,6	2,8	48,3		1,7	10,9	4,2		0,7		27,1	100,0	2,9	4,2	1,9
FR45 (3)		50x30 µm	3,2	0,6	2,6	49,2		1,0	11,6	4,3		0,7		26,8	100,0	2,7	3,6	1,1
FR46 (5)		50x30 µm	4,3	0,6	2,4	48,0		0,8	11,0	3,4		0,6		28,9	100,0	3,1	4,8	0,9

Tab. 4: Synthèse des glaçures blanches opaques. Les données des catelles attribuées aux ateliers de STERN et des deux NUOFFER selon MAGGETTI ET AL. (2014). * = très peu, ** = peu. Les deux dernières colonnes indiquent les teneurs recalculées, sans SnO₂.

Atelier	Datation	Glaçure blanche					
		Epaisseur (mm)	SnO ₂ (% poids)	Quartz	Cristobalite		
J. R. Stern	1776	0.4		12-13	*		
A. Nuoffer	1770-1775	0.2		16	**		
J. B. Nuoffer	1780-1810	0.1		16	**		
Poêle 1	1747-1755	0.6-0.7		19	**	**	
Poêle 2	1770-1790	0.3-0.4		17-18	**		
Poêle 3	1770-1790	0.3-0.4		18	**		

Tab. 5: Concentrations minimales et maximales des oxydes (% poids) et des éléments (ppm) des catelles du XVIII^e siècle de Fribourg (ce travail et MAGGETTI ET AL. 2014, 13 analyses) et de Porrentruy, Grand'Fin (THIERRIN-MICHAEL 2003, 3 analyses). En rouge les paramètres chimiques différenciant parfaitement les deux ensembles.

Oxide/Elément	Catelles			
	Fribourg		Grand' Fin	
	Min.	Max.	Min.	Max.
SiO ₂	61,52	69,05	61,69	71,62
TiO ₂	0,48	0,62	0,93	0,99
Al ₂ O ₃	10,87	13,80	14,08	15,67
Fe ₂ O ₃	4,12	5,33	5,53	6,06
MnO	0,09	0,11	0,05	0,05
MgO	1,77	2,33	1,18	1,96
CaO	9,61	13,03	3,36	10,17
Na ₂ O	1,07	1,59	0,14	0,18
K ₂ O	1,92	2,38	2,57	3,33
P ₂ O ₅	0,10	0,11	0,15	0,17
Ba	263	339	317	360
Cr	97	134	109	127
Cu	18	149	14	21
Nb	10	14	20	21
Ni	48	71	54	58
Rb	93	119	209	512
Sr	221	281	80	159
Y	16	39	36	42
Zn	68	88	94	104
Zr	160	202	306	433