



**HAL**  
open science

## Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie) : couleurs des zellijs et tracés de décors du XIVe siècle

Agnès Charpentier, Michel Terrasse, Redouane Bachir, Ayed Ben Amara

### ► To cite this version:

Agnès Charpentier, Michel Terrasse, Redouane Bachir, Ayed Ben Amara. Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie) : couleurs des zellijs et tracés de décors du XIVe siècle. *Archeosciences, revue d'Archéométrie*, 2020, 43-2, pp.265-274. 10.4000/archeosciences.6947 . hal-02541273

**HAL Id: hal-02541273**

**<https://hal.science/hal-02541273>**

Submitted on 3 Jan 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**ArcheoSciences**  
Revue d'archéométrie  
43-2 | 2019  
Varia

---

## Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie) : couleurs des *zellijs* et tracés de décors du XIV<sup>e</sup> siècle

*Meshouar palace (Tlemcen, Algeria): zellijs colors and structures of decorations from the fourteenth century*

**Agnès Charpentier, Michel Terrasse, Redouane Bachir et Ayed Ben Amara**

---



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/archeosciences/6947>  
DOI : 10.4000/archeosciences.6947  
ISSN : 2104-3728

### Éditeur

Presses universitaires de Rennes

### Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2019  
Pagination : 265-274  
ISBN : 978-2-7535-8194-4  
ISSN : 1960-1360

### Référence électronique

Agnès Charpentier, Michel Terrasse, Redouane Bachir et Ayed Ben Amara, « Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie) : couleurs des *zellijs* et tracés de décors du XIV<sup>e</sup> siècle », *ArcheoSciences* [En ligne], 43-2 | 2019, mis en ligne le 01 janvier 2023, consulté le 02 janvier 2023. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/6947> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/archeosciences.6947>

---

Tous droits réservés

# Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie) : couleurs des *zellijs* et tracés de décors du XIV<sup>e</sup> siècle

## *Meshouar palace (Tlemcen, Algeria): Zellijs Colors and Structures of Decorations from the Fourteenth Century*

Agnès CHARPENTIER<sup>a</sup>, Michel TERRASSE<sup>b</sup>, Redouane BACHIR<sup>c</sup> et Ayed BEN AMARA<sup>d</sup>

**Résumé :** La demeure des XIV<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècles mise au jour à Tlemcen a servi de support à une étude pluridisciplinaire des décors de *zellij*. L'objectif était de caractériser, pour ce moment du Moyen Âge maghrébin islamique, un savoir-faire technique, de mettre en lumière des échanges commerciaux relatifs à l'approvisionnement des pigments, et aussi d'analyser les compositions géométriques de ces décors. L'étude des tracés a mis en lumière l'existence de modules qui structurent tous les motifs décoratifs. Ceux-ci s'inscrivent dans l'art développé, à la même époque, dans le monde islamique occidental mais présentent toutefois des particularités : changements d'échelles, disposition de la polychromie. Les analyses chimiques sur les cinq types définis ont mis en lumière une grande permanence dans la composition du support céramique ainsi que dans la nature des chromogènes et ce quels que soient les motifs et leur datation. Seule la couleur noire présente une variabilité dans l'emploi du fer et du manganèse. L'ensemble des glaçures est plombifère, tandis que l'oxyde d'étain, employé dans un pourcentage assez important, caractérise peut-être les ateliers tlemcéniens. Cette recherche constitue une première étude sur un nombre relativement important d'échantillons et pourra servir de comparaisons pour des futurs travaux.

**Abstract:** *The archeological survey of a 14-15<sup>th</sup> century house in Tlemcen was use as a support for a multidisciplinary study of its zellij decorations. The objective was to characterize, for this moment of the Islamic Middle Age, a technical knowledge, to highlight trade relative to the supply of pigments, and also to analyze the geometrical compositions of these ornaments. The study of plans revealed the existence of modules which structure all the ornamental motives. These take place in the art developed at the same time in the western Islamic world but present however particularities: changes of scales, arrangement of the polychromy. The chemical analyses on five defined types revealed a long durability in the composition of the ceramic support as well as in the nature of chromogenes and this whatever are the motives and their dating. Only the black color presents variability in the use of the iron and manganese. The set of glazes is plumbiferous, whereas the tin oxide, used on a quite important percentage, characterizes maybe workshops of Tlemcen. This research establishes a first study on a relatively important number of samples and can serve as comparisons for further works.*

**Mots clés :** Analyses chimiques, analyses géométriques, décor architectural, Moyen Âge, Tlemcen, *zellijs*.

**Keywords:** *Chemical analyses, geometrical analyses, architectural decoration, Middle Ages, Tlemcen, Zellij.*

## 1. INTRODUCTION

Le musée archéologique de Tlemcen renferme dans ses collections de nombreux vestiges de panneaux et des frag-

ments de *zellijs*<sup>1</sup> provenant de différents monuments médiévaux. La variété des compositions géométriques comme les nuances de couleur employées laissent penser que des ateliers maîtrisant parfaitement des notions de géométrie pour

<sup>a</sup> Orient et Méditerranée (UMR 8167), CNRS, Ivry-sur-Seine, France. (agnes.charpentier@cnrs.fr)

<sup>b</sup> Institut méditerranéen (Inmedi), Paris, France. (imedi@sfr.fr)

<sup>c</sup> Laboratoire de Catalyse et Synthèse en Chimie Organique, université Aboubeker Belkaid, Tlemcen, Algérie. (redouane.bachir@mail.univ-tlemcen.dz)

<sup>d</sup> Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux – Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (IRAMAT – CRP2A, UMR 5060), université Bordeaux Montaigne, Pessac. (ayed.ben-amara@u-bordeaux-montaigne.fr)

1. Le *zellij* est un décor de mosaïque de terre émaillée qui était disposé au sol mais aussi en lambris sur les murs jusqu'à une hauteur d'1,20 m environ.

concevoir les panneaux, comme l'art de réaliser et de tailler les pièces de terre émaillée, étaient à l'œuvre dans la capitale de l'émirat 'abd al-wādide.

Les fouilles réalisées en 2008-2009 dans l'enceinte palatine du Meshouar ont mis au jour un ensemble résidentiel, daté du XIV<sup>e</sup> siècle, orné de compositions de *zellijs* en pavement et en lambris (Terrasse et Charpentier, 2008a). Des adjonctions plus tardives, attribuées à la période ottomane, comportaient, elles aussi, des pavements de *zellijs*. De nombreux fragments provenant de ces divers décors ont été mis au jour, constituant ainsi un corpus assez complet d'échantillons attestant d'une grande variété de compositions géométriques. L'abondance et la qualité de ces décors suscitent plusieurs questions quant à leur fabrication elle-même – origine et nature des pigments, matière première, mode de fabrication – sur la technique de composition des décors, leurs tracés et les liens éventuels que pouvaient entretenir les maîtres d'œuvre avec les sciences de la géométrie. Il nous a également semblé que l'on pouvait s'interroger sur les relations entre motifs et techniques. Toutes ces questions ont conduit à la réunion d'une équipe pluridisciplinaire regroupant à la fois des archéologues, des historiens d'art, des chimistes et des archéomètres pour mener à bien un projet d'archéologie de la couleur approuvé au sein d'un programme Hubert Curien Tassili<sup>2</sup>. Cette recherche comprend donc deux volets principaux. Le premier consiste en l'analyse géométrique des motifs décoratifs, considérés comme des témoignages historiques de l'avancée de la science de leur temps, et de leur diffusion au sein de l'Islam d'Occident. Des comparaisons avec d'autres décors issus de monuments contemporains du Maroc ou d'Andalousie sont donc menées. Cette partie de l'étude conduit ainsi à une caractérisation de la géométrie employée dans les décors 'abd al-wādides. Le second volet de l'étude porte davantage sur les techniques de fabrication des *zellijs* et s'intéresse aussi bien aux supports de céramique qu'aux colorants mis en œuvre. Peut-on caractériser un savoir-faire et les ateliers qui les mettent en œuvre; peut-on discerner une évolution des techniques au fil du temps? Quels sont les lieux de provenance de l'argile et comment sont réalisés les carreaux, quels pigments sont utilisés et comment sont-ils mis en œuvre? Telles sont les questions qui se sont posées à nous. Quelques études ont à ce jour été consacrées à des *zellijs* maghrébins du XIV<sup>e</sup> siècle, elles servent de comparaison (Ben Amara *et al.*, 2003 et Ben Amara *et al.*, 2005). C'est ainsi une nouvelle recherche pour le décor de l'Islam d'Occident que nous menons.

2. PHC 15MDU946, « HistarchéoTlemcen », [MAEDI, MENESR (France), MESRS (Algérie)]

## 2. PRÉSENTATION DU SITE ET DU MATÉRIEL

Le Meshouar, ou citadelle palatine, développé par le premier émir 'abd al-wādide Yaghmurāsān au milieu du XIII<sup>e</sup> siècle, abrite la demeure du souverain et les différents organes du pouvoir. Il s'élève à l'endroit le plus élevé, en limite méridionale, du replat sur lequel s'est développée la ville de Tlemcen – Tagrart depuis les Almoravides. Le site restera siège du pouvoir durant toute la dynastie 'abd al-wādide, soit du milieu du XIII<sup>e</sup> au début du XVI<sup>e</sup> siècle, où la ville intégra les terres de l'Empire ottoman. Le Meshouar servira alors de caserne pour la garnison ottomane. Il conservera ce rôle après l'indépendance en 1962. Ce n'est qu'à partir de 1986, que le Meshouar redevient « civil ». À partir de 1990 une campagne de dégagement est engagée qui conduit à la démolition d'un certain nombre de bâtiments élevés durant la colonisation comme l'hôpital, par exemple. C'est lors de ces travaux, que l'intérêt des vestiges situés dans la zone nord du Meshouar apparut avec la mise au jour de murs comportant des bâtisses anciennes, des vestiges de stucs et de peintures ou bien encore des *zellijs*. Les fouilles entreprises en 2008-2009 ont mis au jour une demeure médiévale modifiée aux époques moderne et contemporaine. Les plans conservés aux Archives historiques de la Défense à Vincennes, ont aisément permis de retrouver les aménagements intervenus à partir de 1842, date de la conquête française. Le dépouillement des sources médiévales nous a aidés à mieux préciser l'histoire du site notamment à partir du souverain Abū Hammū Mūsā I<sup>er</sup> qui régna de 1308 à 1318. La chronique de Yahya ibn Khaldūn offre quelques indications sur l'aménagement intérieur de la citadelle : l'auteur mentionne des pavillons, des jardins, des fontaines (Ibn Khaldun, Y., 1903, p. 12). Cette organisation de l'espace correspond à ce que l'on connaît des espaces palatins islamiques médiévaux depuis Madinat al-Zahrā' pour les Omeyyades de Cordoue jusqu'à l'Alhambra nasride de Grenade ou encore les *alcázaba-s* de Malaga ou d'Almeria pour le XI<sup>e</sup> siècle andalou. Le plan de 1843 dressé par les officiers français du Génie porte encore témoignage de cet aménagement palatin. Toutefois, la demeure mise au jour ne présentait, sur ce plan, qu'une vaste salle rectangulaire au nord d'un espace vide qui pouvait s'apparenter à une cour. Les fouilles ont révélé un ensemble organisé autour d'une cour centrale d'environ 22 m de long et de 9 m de large et flanqué d'espaces annexes comme une cour à l'est du patio principal (Terrasse, Charpentier, 2008b). Une vaste salle à alcôve centrale et alcôves latérales (fig. 1) a été mise au jour sous des remblais et des niveaux scellés des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles par une dalle de ciment et un pavement

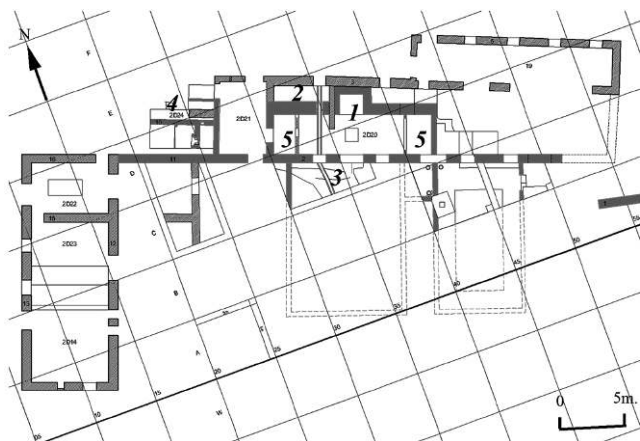


Figure 1 : (Voir planche couleur XVIII) Plan des vestiges mis au jour et localisation des différents types de zellijs (Institut méditerranéen, 2008).

Figure 1: (See colour plate XVIII) Plan of the survey and localization of the various types of zellijs.

de pierres de taille<sup>3</sup>. Les murs hauts d'environ 4 m conservaient encore les structures de leur décoration médiévale en stuc et confirmaient ainsi, encore un peu plus, la réutilisation de bâtiments anciens par l'armée française. Les stucs, de compositions et de traitement semblables à ceux que l'on connaît pour les architectures mérinides ou pour les décors nasrides de l'Alhambra, renforcent la datation de la première moitié du XIV<sup>e</sup> siècle. La fouille des remblais a fourni nombre de fragments de zellijs dont nous avons pu déterminer la provenance grâce aux décors encore en place. Tous présentaient une coupe franche et une absence de coulure de la glaçure indiquant que les carreaux ont été taillés après cuisson. Plusieurs compositions décoratives recouvraient les sols et la base des murs.

Cinq compositions géométriques, plus ou moins complexes, représentant l'ensemble des décors ont été identifiées. Elles sont situées dans la grande salle, bien sûr, sur la façade nord du mur de la salle pour orner le portique et dans l'ensemble mis au jour à l'est de la salle (fig. 1). Si trois types peuvent être datés du XIV<sup>e</sup> siècle, deux semblent, au vu de la stratigraphie, de leur dimension ou de leur mise en œuvre, dater d'un réaménagement du palais vers la fin du XVe siècle, voire de l'époque moderne. Les analyses effectuées avaient pour objectif, outre de préciser les natures de la pâte et des pigments et leur application, de mettre en évidence une possible évolution des « recettes » selon les types, laissant supposer une modification des techniques dans le temps ou alors de distinguer différents ateliers.

3. Les sols scellés consistaient en une dalle de ciment d'environ 0,10 m d'épaisseur qui recouvrait parfois un dallage de pierre d'environ 0,13 m d'épaisseur et de 0,70 m de long et de 0,40 m de large.

Le type 1 recouvre l'ensemble du sol et la base des murs de la grande salle, jusqu'à 0,85 m de haut. Les polygones étoilés et les carrés ornés, qui le composent, sont formés à l'aide de baguettes blanches d'1 cm de large comme d'épaisseur, taillées en biseau qui permet une meilleure stabilité dans le mortier (fig. 2a). Les motifs des polygones engendrés par l'intersection de ces baguettes sont de couleur noire, bleue, verte et jaune. Ce type de composition géométrique s'inscrit sans conteste dans l'art du XIV<sup>e</sup> siècle ibéro-maghrébin; des compositions semblables sont attestées dans les madrasas mérinides de Fès.

Le type 2 est situé dans une salle, dont seule une partie a été mise au jour, au nord de la grande salle (fig. 2b). Là encore, le motif ornait le sol et la base des murs. Les éléments juxtaposés se composent de demi-hexagones blancs flanquant un losange noir. L'ensemble ainsi formé se combine avec des carrés bleus, verts et jaunes de 3 cm de côté. Les demi-hexagones mesurent 6 cm de long, 2 cm dans leur plus grande largeur et 1,5 cm d'épaisseur, tandis que les losanges noirs mesurent 6 cm de long, 2 cm de large et 1,5 cm d'épaisseur. Toutes les pièces sont taillées en biseau. Un pavement identique a été mis au jour dans un autre ensemble au nord-ouest de cette pièce. Ce motif couvrant est assez fréquent dans les architectures du XIV<sup>e</sup> siècle, qu'elles soient islamiques comme la *madrasa* Bū 'Ināniyā de Fès ou la *madrasa-zāwiya* de Chella où l'on retrouve une riche polychromie ou encore chrétienne comme à l'*alcázar* de Pierre I<sup>er</sup> à Séville. Il est également attesté sur des bordures de vasque comme le montrent les vestiges retrouvés par A. Bel dans une *muniya* proche de Tlemcen ou encore des ensembles conservés au musée de Tlemcen (Bel, 1930, Charpentier *et al.*, 2012, n° 04-024, 04-052 et 04-056).

Le type 3 se compose d'un treillis losangé d'étoiles octogonales polychromes reliées entre elles par des baguettes blanches (fig. 2c). Là encore, les pièces présentent un profil biseauté. Les étoiles jaunes, noires ou vertes sont de 4 cm de large et de 2 cm d'épaisseur et les baguettes blanches mesurent 6 cm de long, 4 cm de large et 2 cm d'épaisseur. Les carrés qui ornent l'intérieur de ce treillis sont eux aussi polychromes, des fragments bleus et noirs étaient encore *in situ* tandis que d'autres, de couleur verte ou jaune, ont été mis au jour. Ce décor typique des compositions que l'on trouve souvent en lambris sous les portiques, est présent, par exemple, à la Cour des Myrtes de l'Alhambra de Grenade qui date du début du XIV<sup>e</sup> siècle.

Le type 4 est constitué de carrés noirs et blanc de taille droite et de dimensions beaucoup plus importantes que ceux des motifs précédents (entre 7 et 9 cm de côté pour une épaisseur identique de 2 cm) (fig. 2d). Les pièces ont été retrouvées dans un ensemble, situé au nord-ouest de la pièce

principale qui semble avoir été profondément modifié. Les *zellijs*, à -0,90 m, recouvraient à la fois le sol et les faces de deux murs orientés est-ouest dont la fonction n'a pu être établie. Un niveau de dallage en pierre, datant sans doute de la réoccupation française du bâtiment, scellaient les niveaux anciens. Leur dimension, leur profil comme la simplicité de la composition tendent à dater ces carreaux du début de l'époque moderne.

Le type 5 est attesté en deux endroits de la grande salle mise au jour. Il apparaît comme un élément de reprise dans le motif de type 1, et aussi, à +0,55 m du sol, en pavement de sol (fig. 2e). Il se compose de petits carrés noirs, verts, jaunes et blancs de 3,5 et 4,5 cm de côté et de 2 cm d'épaisseur ; leur profil est droit. Leur insertion dans le motif 1 prouve une réutilisation postérieure de la pièce qui avait, d'ailleurs, dû être modifiée pour que le même motif apparaisse à un niveau plus élevé à l'intérieur du même espace.

L'analyse des types recensés permet de distinguer au moins trois périodes pour la fabrication et la mise en œuvre des *zellijs*. Les types 1, 2 et 3 appartiennent sans contestation possible à une grande demeure élevée vers le milieu

du xiv<sup>e</sup> siècle, le type 5 lui est légèrement postérieur, peut-être du début du xv<sup>e</sup> siècle lors du réaménagement de l'ensemble avec une possible création du bassin cruciforme et des ensembles latéraux flanquant la cour à l'est et à l'ouest. Le type 4, plus tardif, s'apparente à des carreaux d'époque moderne.

L'étude des pièces a montré une cassure nette et franche qui indique que les carreaux ont été taillés à la demande après cuisson, ce qui est usuel pour les *zellijs* des xiii<sup>e</sup>-xiv<sup>e</sup> siècles (Mouliérac, 1999). À partir de la fin du xv<sup>e</sup> siècle, les motifs seront peints sur les carreaux puis assemblés.

### 3. ANALYSE DES MOTIFS AU REGARD DES CONNAISSANCES EN GÉOMÉTRIE

L'ensemble des décors, à l'exception des motifs 4 et 5, est constitué de pièces issues de carreaux de céramique émaillés découpés selon les besoins de la composition. Les différentes pièces sont ensuite assemblées dans un mortier de chaux. Leur taille en biseau permet un bon positionnement dans le mortier et un meilleur assemblage des pièces entre elles. Les ensembles décoratifs, sont structurés par une géométrie stricte appuyée sur des compositions modulaires. Les grandes lignes de la composition étaient tracées à la pointe dans le mortier avant que l'artisan ne dispose les pièces une par une. Le maître d'œuvre devait donc avoir une idée de l'ensemble du décor avant de le mettre en œuvre.

L'ensemble du motif 1 s'organise sur une grille formée d'un jeu de carrés dans lesquels s'inscrivent 3 cercles de 15 et 18 et 21 modules (fig. 3a). La largeur des baguettes constitue le module de base qui sert à composer l'ensemble du décor. Le motif central, constitué d'une étoile polygonale noire équivalente à 3 modules, est inscrit dans un carré posé sur la pointe circonscrit par le premier cercle. Le second carré sur pointe, traité en couleur, s'inscrit dans le second cercle tandis que le troisième définit l'ensemble du carré de base. Cette composition s'enchaîne latéralement tandis que les motifs de polygones étoilés sont eux disposés en quinconce. Les intersections des diagonales, espacées de 3 modules, et des carrés permettent de placer les points remarquables du décor comme les retournements des baguettes ou les étoiles polygonales formant les centres des polygones étoilés. Des motifs octogonaux assurent la liaison entre deux carrés. La même composition recouvrait l'ensemble de la pièce avec des échelles différentes donnant, par illusion d'optique, une impression d'unité pour l'ensemble du décor (Charpentier, 2018, p. 189-190). Cette association de plusieurs échelles dans un même panneau décoratif est attestée dans d'autres décors, conservés au musée de Tlemcen, attribués au

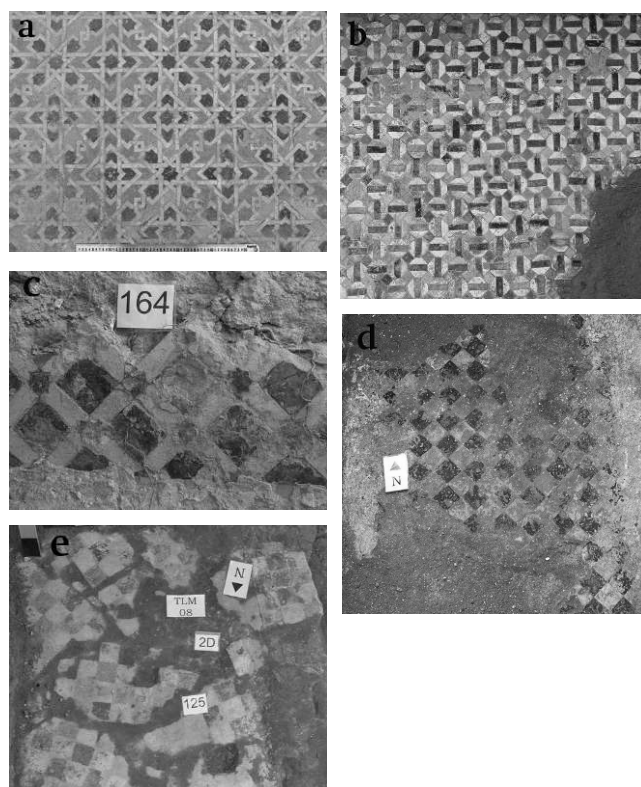


Figure 2 : (Voir planche couleur XIX) Présentation des compositions identifiées (Institut méditerranéen 2008) (a : type 1 ; b : type 2 ; c : type 3 ; d : type 4 ; e : type 5).

Figure 2: (See colour plate XIX) Presentation of the various types of zellij decors (a: type 1; b: type 2; c: type 3; d: type 4; e: type 5).

Meshouar ou à la *madrasa* Tashfīniya (Charpentier *et al.*, 2012, n° 04-006 et 04-055). Cette structure correspond parfaitement à la géométrie maîtrisée au XIV<sup>e</sup> siècle comme il en va de la disposition en quinconce de la polychromie. Elle semble également caractéristique de l'émirat 'abd al-wādid.

Le motif de type 2 est une composition modulaire à éléments juxtaposés qui s'organise autour de rectangles noirs d'un module de large et de 3 modules de longueur (fig. 3b). Ils sont alternativement disposés horizontalement et verticalement en étant séparé d'un module. Les petits carrés polychromes disposés en losange relient les baguettes noires et déterminent ainsi les demi-hexagones blancs qui flanquent les baguettes noires. L'ensemble donne l'impression d'un tapis chatoyant où des hexagones blancs et noirs sont liés par des tesselles de couleur. La polychromie semble toutefois n'être attestée que dans le domaine 'abd al-wādid, les décors présents à Séville ou à Chella (Rabat-Maroc) n'offrent, le plus souvent, que des carrés d'une seule couleur.

Le motif 3 est, lui aussi, un décor à éléments juxtaposés. Il s'agit d'un réseau de baguettes blanches formant un quadrillage orienté de 45°. Les vides sont ornés de carrés posés sur la pointe de couleur noire, bleue, jaune et verte. Les intersections des baguettes sont marquées par une petite étoile polygonale de couleur elle aussi. La géométrie de ce type de motif est assez simple, puisqu'elle repose sur un module qui correspond à la largeur des baguettes. La taille du carré correspond à 3 modules et la largeur des étoiles à un. Ce type de motif est assez courant en décoration de galeries ou dans les salles de *ḥammām-s*. Il est le plus souvent monochrome comme on peut le voir à la *madrasa-zāwiya* de Chella. L'insertion de la polychromie à Tlemcen rapproche ces décors des compositions nasrides de la fin du XIII<sup>e</sup> ou du début du XIV<sup>e</sup> siècle, disposées en lambris aux portiques de la cour des Myrthes ou sur les jambages de l'arc d'entrée de la salle des Deux Sœurs (Martínez Vela, 2017, p. 73-76).

Malheureusement, la disposition de la polychromie ne peut être étudiée à Tlemcen, les vestiges en place ne permettant pas d'analyser le rythme des couleurs. Tout au plus peut-on affirmer qu'après un soubassement composé de deux niveaux de carrés noirs, des carreaux colorés étaient ensuite disposés.

Cette rapide analyse des schémas directeurs structurant les décors retrouvés au Meshouar de Tlemcen met en lumière deux éléments clés : les compositions modulaires témoignent de la géométrie du XIV<sup>e</sup> siècle et la polychromie occupe une place majeure dans la conception des panneaux décoratifs. Les schémas observés à Tlemcen s'inscrivent dans la ligne de ceux que l'on peut analyser dans des édifices contemporains comme la *madrasa-zāwiya* de Chella ou le palais de

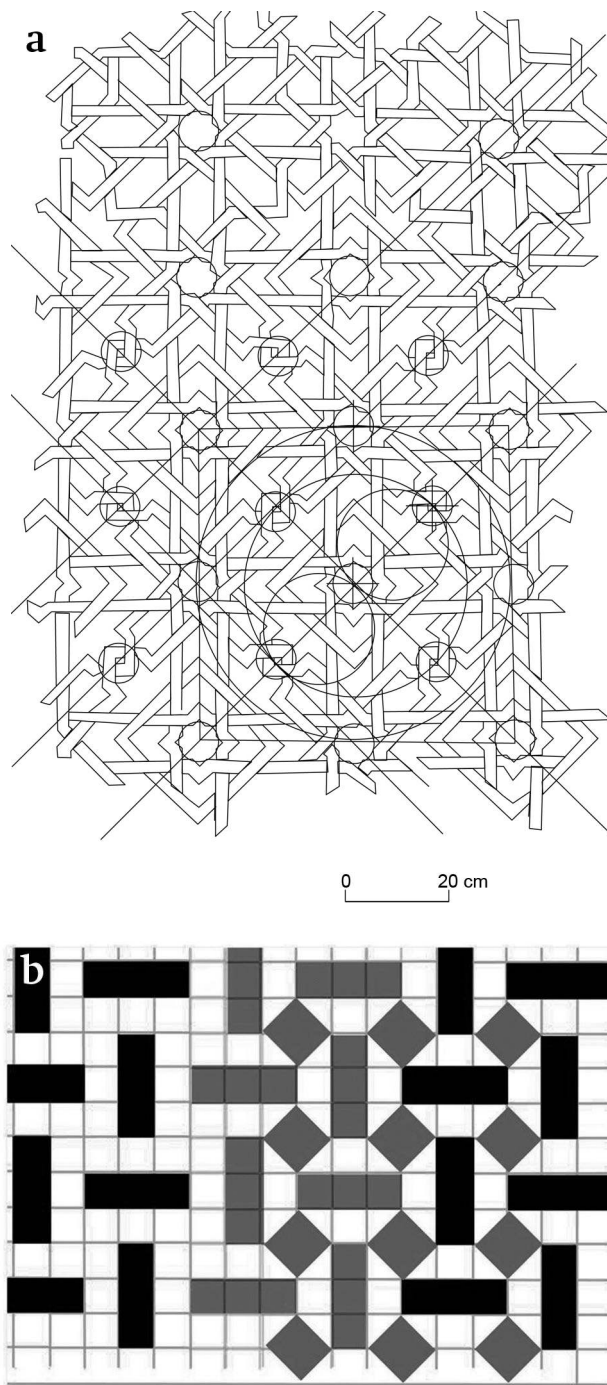


Figure 3 : (Voir planche couleur XIX) Analyses géométriques des décors de types 1(a) et 2 (b) (Charpentier 2017, Terrasse 2008).  
Figure 3: (See colour plate XIX) Geometrical analysis of types 1(a) and 2(b).

l'Alhambra. En revanche, les changements d'échelles présents dans les compositions 'abd al-wādidides ne se retrouvent pas dans les décors des autres émirats.

#### 4. APPORTS DE L'APPROCHE ARCHÉOMÉTRIQUE

Au total, un ensemble de 66 *zellijs* représentatifs à la fois des différentes couleurs des glaçures<sup>4</sup> (20 *zellijs* blancs, 7 jaunes, 11 verts, 8 bleus et 20 noirs) mais également des types identifiés (17 *zellijs* du type 1, 20 de type 2, 12 de type 3, 15 de type 4 et 2 du type 5) constitue notre corpus analytique. L'étude a nécessité la préparation de lames épaisses polies (3 mm environ), prélevées perpendiculairement à la surface des *zellijs*. Ces sections ont fait l'objet d'observations en lumière blanche à la loupe binoculaire pour l'examen de la texture de l'ensemble glaçure – terre cuite. Elles ont, ensuite, été étudiées par microscopie électronique à balayage couplée à un spectromètre de rayons X en dispersion d'énergie (MEB-EDS), en mode Low vacuum (20 Pa), pour examiner la micro-texture et déterminer la composition chimique des glaçures et des pâtes. L'équipement utilisé est un microscope électronique à balayage (MEB) à pression variable (JEOL, 6460 LV), couplé à un spectromètre de rayons X (OXFORD Instruments, X-Max). Les analyses quantitatives ont été réalisées, à partir des standards de la société Oxford Instruments, et des standards de verres (Na : Corning B ; Si, K, Pb : BCR-126A ; Ca : Corning D) en complément pour l'analyse des glaçures. Conformément à l'usage, les teneurs sont exprimées en pourcentages pondéraux d'oxydes. Elles représentent la moyenne de six à dix mesures. Les résultats sont normalisés à 100 %.

Sur les sections polies, des observations en lumière blanche montrent que les pâtes présentent des textures relativement proches. Elles renferment des inclusions minérales de faible granulométrie (inférieure à 0,2 mm) dont la variabilité laisse penser qu'il s'agit de dégraissant naturel, présent initialement dans la ou les terre(s) argileuse(s) employée(s). La couleur des pâtes céramiques est variable (beige clair, ocre rouge), liée aux changements de l'atmosphère de cuisson à l'intérieur du four (plus au moins oxydante) et à la température. Pour l'ensemble des échantillons, les glaçures ont été appliquées directement sur la pâte, sans couche intermédiaire (par exemple, engobe). En section, les glaçures bleues et vertes semblent hétérogènes, avec des zones plus foncées à l'interface glaçure – support céramique.

Les observations au MEB révèlent que l'épaisseur des glaçures est variable, globalement entre 100 et 450  $\mu\text{m}$ . Il n'existe pas de corrélation entre l'épaisseur et la couleur, voire le type de *zellij*. La variabilité des épaisseurs reflète plutôt l'aspect artisanal de cette production. Pour l'ensemble des échantillons, nous distinguons, dans les glaçures, quelques

4. Le terme « glaçure » est employé ici comme terme générique pour désigner de manière globale les glaçures plombifères et stannifères analysées sur les *zellijs*. Il nous ainsi permet de parler de l'ensemble des pièces sans avoir à nommer les différentes glaçures ce qui alourdirait le texte.

cristaux non fondus (probablement des quartz) et des bulles de dégazage. Des micro-cristaux, de contraste chimique clair, liée à la présence de l'oxyde d'étain (cassitérite,  $\text{SnO}_2$ ), sont visibles dans les glaçures opaques (blanche, verte et bleue ; fig. 4). On note par ailleurs, qu'indépendamment de la couleur de la glaçure et du type de motif, l'épaisseur de la zone d'interaction glaçure – terre cuite est majoritairement (44 sur 66 *zellijs*) supérieure à 100  $\mu\text{m}$  (fig. 5). Cette interaction importante suggère une mono-cuisson pour les carreaux glaçurés, donnant lieu après découpage à nos *zellijs* (Molerac *et al.*, 2001 ; Ben Amara, 2002, Ben Amara et Schvoerer, 2006). Les glaçures, plus ou moins altérées, montrent une texture en feuillets caractéristique au MEB (fig. 5) et génèrent partiellement des changements de couleur. Ainsi, remarque-t-on, à titre d'exemple, un blanchissement par endroit de certaines glaçures vertes.

Pour l'ensemble des *zellijs*, deux types de glaçures sont attestés. Des glaçures plombifères (34 à 50 % en  $\text{PbO}$  ; 0,2 à 3,1 % en  $\text{Na}_2\text{O}$  et entre 1,3 et 3,5 % en  $\text{K}_2\text{O}$ ) transparentes pour les couleurs noires et jaunes ; la couleur du support céramique contribuera, ainsi, par transparence, à la couleur perçue. Des glaçures stannifères pour les couleurs blanches, bleues et vertes, avec des teneurs moyennes allant de 6,3 à 10,7 % en  $\text{SnO}_2$  (tableau 1). On peut donc, pour ces trois couleurs parler de carreaux émaillés.

Les glaçures transparentes se distinguent également des émaux (fig. 6) par des teneurs relativement plus élevées en plomb (respectivement  $46,6 \pm 4,6$  et  $37,9 \pm 6,4$  % en  $\text{PbO}$ ) et plus faibles en alcalins (respectivement  $2,1 \pm 0,7$  et  $4,8 \pm 1,2$  % en  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ ). Cette compensation au niveau de ces éléments fondants permet d'obtenir la fusion des

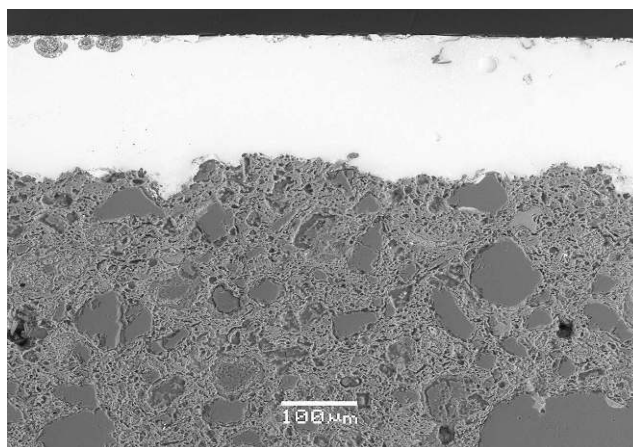


Figure 4 : Image MEB, en mode électrons rétrodiffusés, de l'ensemble glaçure – terre cuite d'un *zellij* recouvert d'une glaçure blanche opacifiée à l'oxyde d'étain.

Figure 4: BSE image by SEM of the glaze-ceramic assemblage of a *zellij* covered with a white glaze opacified with tin oxide.



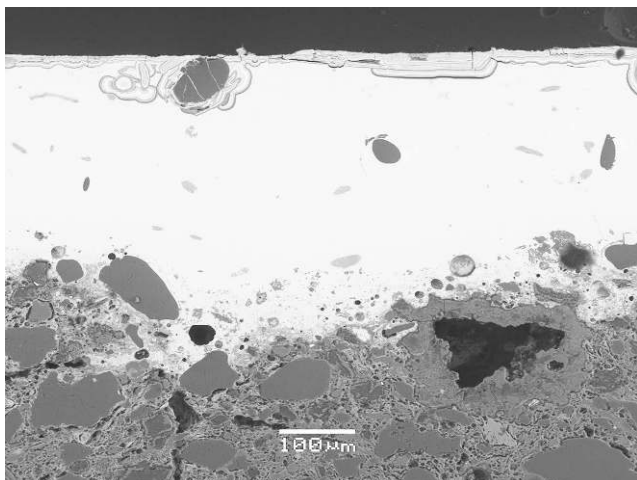


Figure 5 : Image MEB, en mode électrons rétrodiffusés, de l'ensemble glaçure – terre cuite d'un zellij recouvert d'une glaçure transparente noire.

Figure 5: BSE image by SEM of the glaze-ceramic assemblage of a zellij with a black transparent glaze.

mélanges glaçurants à des températures équivalentes dans la même cuisson.

D'après le tableau 1, la couleur des glaçures cuites en atmosphère oxydante est indépendante des types. Elle serait liée à l'oxyde d'étain (opacifiant blanc) et à la faible teneur en fer (inf. à 0,8 % en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) pour les émaux blancs. L'ion cuivre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), avec des teneurs moyennes allant de 0,9 à 2,9 % en  $\text{CuO}$ , et l'oxyde d'étain (6,3 à 9,9 % en  $\text{SnO}_2$ , effet blanchissant) dans une matrice plombifère sont à l'origine de la couleur verte. La couleur bleue est liée à l'ion cobalt ( $\text{Co}^{2+}$ ) avec des teneurs de 0,2 à 0,4 % en  $\text{CoO}$  et l'oxyde d'étain (8,4 à 10,9 % en  $\text{SnO}_2$ , à effet blanchissant). Rappelons que le cobalt présente un pouvoir colorant important et les quantités détectées sont largement suffisantes pour obtenir une teinte bleue. L'élément zinc qui a également été détecté (0,4 à 0,5 % en  $\text{ZnO}$ ) serait associé à la source du cobalt. Ce résultat sera à mettre en parallèle avec les travaux de Bernard Gratuze sur les verres bleus d'Europe et du Bassin méditerranéen, fabriqués entre le début du XIII<sup>e</sup> et la fin du XV<sup>e</sup> siècle (Gratuze et al., 1996). Ainsi, le cobalt pourrait provenir des mines de la région de Freiberg (Erzgebirge, Allemagne). En ce qui concerne les glaçures transparentes, l'ion fer ( $\text{Fe}^{3+}$ ) est responsable de la coloration des glaçures jaunes (1,1 à 3,4 % en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). En revanche, pour les glaçures noires, on retrouve des teneurs variables à la fois de l'ion fer  $\text{Fe}^{3+}$  (0,4 à 6,7 % en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) mais également de l'ion manganèse  $\text{Mn}^{3+}$  (0,6 à 6,1 % en  $\text{MnO}$ ).

Pour l'ensemble des zellij, indépendamment de la couleur et du motif, le support céramique présente une composi-

tion chimique homogène. L'analyse en composante principale n'a pas permis de visualiser de groupes distincts. Ainsi, tous les zellij ont été fabriqués, *a priori*, à partir de la même terre argileuse. Les terres cuites sont riches en calcium (en moyenne  $19,1 \pm 4,4$  % en  $\text{CaO}$ ), ce qui implique l'utilisation de terres argileuses marneuses. Un tel support limite les défauts de fabrication de la glaçure; en effet, le coefficient de dilation d'une glaçure plombifère est proche de celui d'une pâte calcaire, ce qui limite le développement de réseau de tressailures à la surface de la glaçure, diminuant ainsi les déchets au moment de la taille des zellij. On notera également des teneurs relativement élevées en magnésium autour de 5,6 % en  $\text{MgO}$  (argiles magnésiennes et/ou dolomite). Le fer présent à une teneur moyenne de 4,2 % en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  est responsable de la coloration ocre-rouge de certains supports céramiques, attestant d'une cuisson en atmosphère oxydante (malgré le caractère calcique du support). Pour les échantillons présentant une pâte beige clair, le fer serait piégé pendant la cuisson par les phases dites de « haute température » (Peters et Iberg, 1978; Maniatis et al., 1983); en effet, à la suite de la décomposition de la calcite (à partir de 700 °C), des nouvelles phases se forment à des températures variables, à partir de 800 °C environ (exemples : wollastonite, diopside...). Ainsi, une variabilité dans le protocole de cuisson, voire dans la position des carreaux dans le four, serait à l'origine de la diversité de la couleur des supports céramiques.

## 5. DISCUSSION

La place accordée à la polychromie est tout à fait caractéristique du XIV<sup>e</sup> siècle maghrébin dont le monde 'abd al-wādide et nous avons vu qu'elle trouve un écho dans au moins deux réalisations mérinides majeures : la *madrassa-zāwiya* de Chella et la *madrassa Bū 'Ināniya*. La présence d'étain en pourcentage assez élevé dans les émaux verts (entre 6,3 et 9,9 % en  $\text{SnO}_2$ ) et bleus (8,4 à 10,9 % en  $\text{SnO}_2$ ) pour diminuer l'intensité de la couleur, peut être une des caractéristiques d'un savoir-faire propre à Tlemcen, même si, à Chella, les zellij de couleur verte montrent un pourcentage d'étain équivalent. En revanche, ceux analysés à la madrasa mérinide de Meknès ne présentent pas de pourcentage aussi élevé (inf. à 2,5 % en  $\text{SnO}_2$ ) (Ben Amara, 2002). Les études réalisées sur des céramiques ou des zellij andalous ne précisent malheureusement pas le taux d'étain présent dans les glaçures vertes et bleues. En revanche, le pourcentage d'oxyde de plomb semble ici moins élevé que dans les céramiques nasrides où il avoisine parfois les 73 % (Fernández Navarro, 2000, 62-63).

| Type   | Couleur de la glaçure<br>(nombre des zellijs) | Na <sub>2</sub> O | MgO | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO | MnO | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CoO | CuO | SnO <sub>2</sub> | PbO  |
|--------|---|-------------------|-----|--------------------------------|------------------|------------------|-----|-----|--------------------------------|-----|-----|------------------|------|
| Type 1 | Blanche                                       | 3,0               | 0,7 | 1,8                            | 36,4             | 1,8              | 2,2 | nd  | 0,5                            | nd  | nd  | 9,8              | 43,2 |
|        | (5)   | 0,3               | 0,2 | 0,3                            | 2,4              | 0,9              | 0,7 |     | 0,1                            |     |     | 0,6              | 3,6  |
|        | Jaune   | 0,4               | 1,4 | 3,4                            | 40,6             | 1,8              | 4,7 | nd  | 3,1                            | nd  | nd  | nd               | 44,5 |
|        | (2)   | 0,1               | 0,5 | 1,3                            | 2,1              | 0,3              | 1,9 |     | 0,5                            |     |     |                  | 5,6  |
|        | Bleue   | 2,8               | 0,9 | 2,1                            | 37,9             | 2,2              | 3,0 | nd  | 1,5                            | 0,4 | nd  | 9,7              | 38,9 |
|        | (3)   | 0,4               | 0,1 | 0,1                            | 0,8              | 0,5              | 0,2 |     | 0,1                            | 0,1 |     | 0,9              | 1,8  |
|        | Verte   | 2,2               | 1,4 | 2,7                            | 41,6             | 2,7              | 4,3 | nd  | 0,9                            | nd  | 1,6 | 7,3              | 35,2 |
|        | (5)   | 0,2               | 0,3 | 0,1                            | 3,7              | 1,3              | 0,6 |     | 0,1                            |     | 0,3 | 1,3              | 7,0  |
|        | Noire   | 0,5               | 1,1 | 3,0                            | 37,9             | 1,8              | 3,3 | 4,6 | 1,4                            | nd  | nd  | nd               | 46,0 |
| (4)    | 0,3   | 0,4               | 1,2 | 3,3                            | 0,7              | 1,1              | 1,1 | 1,0 |                                |     |     | 5,7              |      |
| Type 2 | Blanche                                       | 2,6               | 1,1 | 2,3                            | 39,7             | 2,6              | 3,3 | nd  | 0,7                            | nd  | nd  | 9,5              | 37,8 |
|        | (5)   | 0,4               | 0,3 | 0,5                            | 2,7              | 1,0              | 1,1 |     | 0,2                            |     |     | 1,1              | 6,0  |
|        | Jaune   | 0,7               | 1,1 | 2,9                            | 39,8             | 1,7              | 4,0 | nd  | 2,8                            | nd  | nd  | nd               | 46,3 |
|        | (3)   | 0,1               | 0,2 | 0,5                            | 1,5              | 0,2              | 0,9 |     | 0,2                            |     |     |                  | 2,6  |
|        | Bleue   | 2,8               | 1,0 | 2,2                            | 40,1             | 2,5              | 3,8 | nd  | 1,9                            | 0,3 | nd  | 9,4              | 35,0 |
|        | (4)   | 0,1               | 0,5 | 0,6                            | 2,9              | 0,3              | 1,3 |     | 0,9                            | 0,1 |     | 1,2              | 6,8  |
|        | Verte   | 1,5               | 0,8 | 2,5                            | 39,6             | 1,5              | 3,1 | nd  | 0,8                            | nd  | 1,8 | 8,1              | 39,9 |
|        | (3)   | 0,9               | 0,4 | 0,2                            | 8,2              | 0,8              | 1,0 |     | 0,1                            |     | 1,0 | 1,7              | 10,6 |
|        | Noire   | 0,4               | 1,0 | 2,3                            | 36,4             | 1,3              | 3,0 | 4,4 | 1,1                            | nd  | nd  | nd               | 49,7 |
| (5)    | 0,3   | 0,4               | 0,9 | 2,2                            | 0,8              | 1,3              | 1,5 | 0,8 |                                |     |     | 7,0              |      |
| Type 3 | Blanche                                       | 2,6               | 1,2 | 2,5                            | 41,8             | 2,9              | 3,7 | nd  | 0,7                            | nd  | nd  | 9,8              | 34,9 |
|        | (3)   | 0,3               | 0,8 | 1,1                            | 7,3              | 1,5              | 2,2 |     | 0,3                            |     |     | 0,4              | 12,9 |
|        | Jaune   | 0,8               | 0,9 | 2,7                            | 41,2             | 2,4              | 2,7 | nd  | 2,2                            | nd  | nd  | nd               | 47,1 |
|        | (2)   | 0,3               | 0,1 | 0,1                            | 3,4              | 0,2              | 0,5 |     | 0,6                            |     |     |                  | 1,5  |
|        | Bleue   | 3,1               | 0,7 | 2,6                            | 43,5             | 2,3              | 3,4 | nd  | 1,2                            | 0,2 | nd  | 9,0              | 34,0 |
|        | (1)   | 0,1               | 0,1 | 0,2                            | 0,9              | 0,1              | 0,1 |     | 0,1                            | 0,1 |     | 0,6              | 0,7  |
|        | Verte   | 2,2               | 1,1 | 3,2                            | 38,8             | 3,3              | 3,3 | nd  | 0,8                            | nd  | 1,3 | 6,5              | 39,5 |
|        | (2)   | 0,2               | 0,1 | 0,4                            | 1,8              | 0,3              | 0,1 |     | 0,2                            |     | 0,0 | 0,2              | 0,7  |
|        | Noire   | 0,3               | 0,9 | 3,8                            | 38,4             | 1,4              | 4,0 | 1,2 | 5,2                            | nd  | nd  | nd               | 44,5 |
| (4)    | 0,2   | 0,2               | 0,8 | 1,9                            | 0,4              | 1,4              | 1,2 | 1,2 |                                |     |     | 5,5              |      |
| Type 4 | Blanche                                       | 2,6               | 0,8 | 2,1                            | 39,4             | 1,9              | 2,7 | nd  | 0,8                            | nd  | nd  | 10,7             | 39,0 |
|        | (7)   | 0,2               | 0,2 | 0,4                            | 1,4              | 0,7              | 0,5 |     | 0,3                            |     |     | 1,6              | 2,9  |
|        | Verte   | 3,1               | 0,4 | 1,3                            | 38,2             | 1,9              | 1,5 | nd  | 0,5                            | nd  | 1,9 | 9,6              | 41,5 |
|        | (2)   | 0,1               | 0,3 | 0,1                            | 2,6              | 1,7              | 0,9 |     | 0,1                            |     | 0,1 | 1,4              | 4,4  |
|        | Noire   | 1,0               | 1,0 | 3,1                            | 39,5             | 1,8              | 3,6 | 2,7 | 3,9                            | nd  | nd  | nd               | 43,1 |
|        | (6)   | 1,6               | 0,4 | 1,1                            | 4,8              | 0,9              | 1,5 | 1,5 | 3,0                            |     |     |                  | 9,9  |
| Type 5 | Jaune   | 1,8               | 1,8 | 3,7                            | 39,6             | 3,5              | 5,4 | nd  | 1,1                            | nd  | 1,3 | 6,3              | 35,3 |
|        | (1)   | 0,1               | 0,1 | 0,2                            | 0,5              | 0,1              | 0,2 |     | 0,1                            |     | 0,1 | 0,6              | 0,5  |
|        | Noire   | 0,2               | 0,9 | 2,8                            | 38,5             | 1,5              | 3,2 | 2,8 | 4,8                            | nd  | nd  | nd               | 45,3 |
|        | (1)   | 0,1               | 0,1 | 0,2                            | 0,4              | 0,1              | 0,2 | 0,4 | 0,4                            |     |     |                  | 0,3  |

Tableau 1 : Composition chimique de la glaçure de l'ensemble des zellijs étudiés (nd : non détecté).

Table 1: Chemical composition of the glaze of zellijs samples (nd : not detected).

Les analyses chimiques ont montré une grande stabilité dans la nature de la terre argileuse employée. Celle-ci se caractérise par des teneurs élevées en magnésium et en fer.

Cette caractéristique se retrouve dans les argiles situées autour de Tlemcen et dans le bassin de l'oued Tafna, ce qui permet de supposer un approvisionnement local. En effet, la comparaison

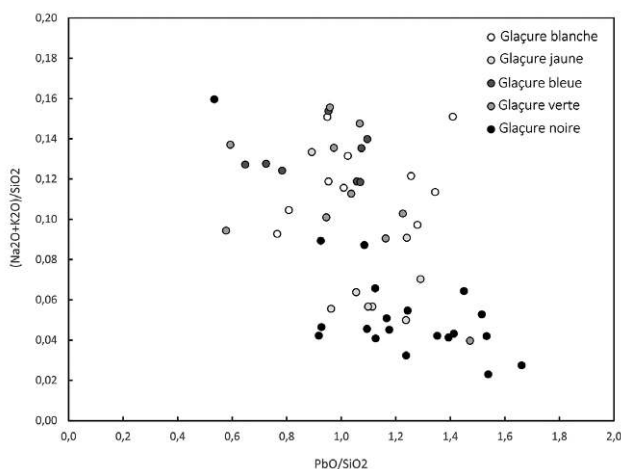


Figure 6 : (Voir planche couleur XX) Les glaçures transparentes, jaune et noire, se distinguent des autres par des teneurs moins élevées en alcalins.

Figure 6: (See colour plate XX) Transparent, yellow and black glazes distinguish themselves from others by lower alkali content.

de nos analyses de pâtes avec des données obtenues sur des argiles locales, présentées oralement dans le cadre de la table-ronde « Villes et campagnes dans l'émirat de Tlemcen au Moyen Âge » en novembre 2017 montrent des ressemblances avec la composition chimique de nos *zellijs* et tend à confirmer notre hypothèse (Marok et Hadji, 2017). Il ne nous a, toutefois, pas été permis de localiser plus précisément une possible zone d'extraction non plus que les lieux de façonnage des carreaux. Deux zones hypothétiques d'ateliers de potiers et de tuileries sont attestées aux abords de Tlemcen et les vestiges d'un four à céramique ont été mis au jour au début du xx<sup>e</sup> siècle (Bel, 1914) mais les recherches n'ont pas, depuis, été poursuivies. Il n'est pas impossible, toutefois, de supposer une fabrication un peu plus lointaine des carreaux, plus à proximité du lieu d'extraction. Cette hypothèse reste cependant à vérifier.

La composition des glaçures montre également une grande permanence tout au long de la période visée. Les chromogènes employés sont de même nature dans le temps. Néanmoins, Les teneurs en fer et en manganèse sont variables et ne sont pas corrélées en fonction des types (fig. 7). Cette variabilité pourrait être le résultat d'une hétérogénéité naturelle dans la matière colorante employée, voir un approvisionnement différent.

La présence d'étain en forte proportion et du cobalt atteste que l'émirat de Tlemcen s'intégrait dans les réseaux du grand commerce. En effet, si nous n'avons pu établir avec précision la provenance de ces deux minerais absents d'Algérie, les analyses du cobalt montrent une similitude avec celui provenant des mines de Freiberg (Erzgebirge, Allemagne) tandis que des gisements d'étain et leur exploitation à l'époque

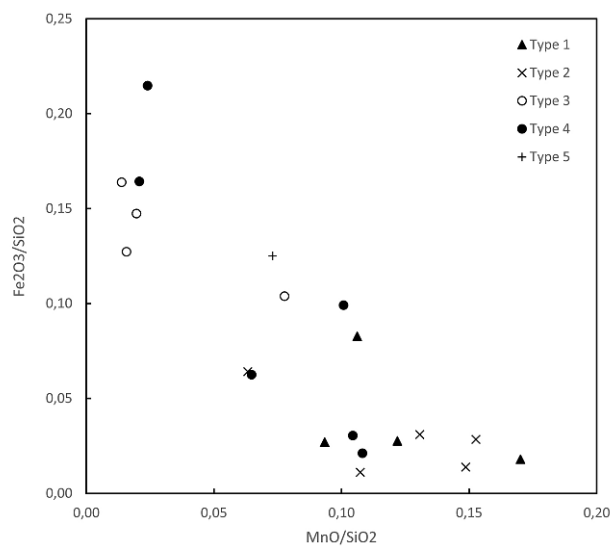


Figure 7 : Variation de la teneur du fer en fonction du manganèse dans les glaçures noires pour les différents types des *zellijs*.

Figure 7: Variation of the iron content according to the manganese in black glazes for the various types of *zellijs*.

visée sont documentés, pour le royaume du Borno, sur le plateau du Niger au côté des approvisionnements « plus classiques » en provenance d'Europe (Niane, 2000, p. 278). Les archives de Marseille gardent aussi traces de mention d'étain dans les archives de la famille Manduel (Picon *et al.*, 1995, p. 135). Il apparaît que 39 des 66 échantillons analysés sont émaillés. Cette proportion s'explique, en partie, par le nombre élevé d'échantillons de couleur blanche retenus pour l'analyse. Elle n'en reflète pas moins des rapports similaires observés dans d'autres compositions où les pièces émaillées dominent. Si l'emploi des couleurs blanches, bleues et vertes n'est pas l'apanage des 'Abd al-Wādides, la présence d'étain, en pourcentage élevé, témoigne, avec le cobalt, de la richesse des émirs de Tlemcen au xiv<sup>e</sup> siècle qui purent importer, en assez grande quantité, ces matières premières indispensables à la fabrication des *zellijs*.

## 6. CONCLUSION

L'étude et l'analyse des *zellijs* du Meshouar de Tlemcen apportent ainsi quelques précisions sur la mise en œuvre de ces décors architecturaux. Leur réalisation dépend d'une géométrie fondée sur des schémas modulaires. Les décors tlemceniens témoignent ainsi du niveau de la science mise en œuvre dans ces motifs : les changements d'échelle comme la multiplication des côtés des polygones, le nombre élevé des retours d'entrelacs ou encore la présence d'angles très fermés dans les décors en sont autant de témoins. Cette géométrie est partagée par

l'ensemble du monde musulman occidental mais, si la complexité des motifs varie selon les émirats, les découvertes du Meshouar tlemcénien permettent de dégager les caractéristiques des œuvres des ateliers 'abd al-wādidés du XIV<sup>e</sup> siècle.

Cette étude très nouvelle pour ce qui est de l'étude de décors du Maghreb central a permis d'acquérir des données archéométriques importantes qui viennent s'ajouter aux données déjà recueillies, pour la même période, sur des édifices mérinides (Maroc) et sur quelques édifices nasrides (Espagne). Même si cette recherche constitue un jalon important par le nombre d'échantillons analysés, elle devra néanmoins se poursuivre pour affiner les résultats. La provenance des chromogènes reste, si faire se peut, à préciser de même que les modes de préparation et d'utilisation des oxydes; des comparaisons avec les savoir-faire céramiques en Occident seront sans aucun doute nécessaires.

## Bibliographie

- Bel, A., 1914. *Un atelier de poteries et faïences au X<sup>e</sup> siècle découvert à Tlemcen*. Constantine.
- Bel, A., 1930. *Vestiges d'une villa royale musulmane du début du XIV<sup>e</sup> siècle de J.C. dans la banlieue de Tlemcen, V<sup>e</sup> Congrès national d'archéologie*. Alger : 1-38.
- Ben Amara, A., 2002. *Céramiques glaçurées de l'espace méditerranéen (IX<sup>e</sup>-XVII<sup>e</sup> siècles) : matériaux, techniques et altération*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 3, France.
- Ben Amara, A., Azzou, A., Schvoerer, M., Ney, C., Ait Lyazidi, S., Molinié, P., 2005. Archaeological Zelliges of Meknes (14<sup>th</sup> century): Physical measurements of the colour and identification of colouring agents. *Journal de physique*, IV, 123 : 207-211.
- Ben Amara, A., Schvoerer, M., Haddad, M., Akerraz, A., 2003. Recherches d'indices sur les techniques de fabrication de zelliges du XIV<sup>e</sup> siècle (Chellah, Maroc). *Revue d'archéométrie*, 27 : 103-113.
- Ben Amara, A., Schvoerer, M., 2006. Interactions between lead glazes and bodies: research on the mode of application of the glazing mixture, Proceedings of 34<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry, 3-7 may 2004, Zaragoza, Spain, Ed. Institució Fernando el Católico: 399-404.
- Charpentier, A., 2018. *Tlemcen médiévale (urbanisme architecture et arts)*. Paris.
- Charpentier, A., Chenoufi, B., Terrasse, M., 2012. *Catalogue du musée de Tlemcen*. Paris.
- Fernández Navarro, E., 2000, *Estudio tecnológico de la cerámica nazari de Granada*. Transfetana, Revista del Instituto de Estudios Ceuties, 4: 41-70.
- Gratuze, B., Soullier, I., Blet, M., Vallauri, L., 1996. De l'origine du cobalt : du verre à la céramique, *Revue de l'archéométrie*, 20 : 77-94.
- Ibn Khaldun, Abu Zakariya Yahya, 1903. *Histoire des Beni Abd el-Wad rois de Tlemcen jusqu'au règne d'Abou Hammou Mousa II, éd. trad. A. Bel*. Alger.
- Maniatis, Y., Simopoulos, A., Kostikas, A., Perdikatsis, V., 1983. Effect of reducing atmosphere on minerals and iron oxides developed in fired clays: the role of Ca. *Journal of the American Ceramic Society*, 66, 11, 773-781.
- Martínez Vela, M., 2017. *La Alhambra con regla y compás. El trazado paso a paso de alicatados y yeserías*. Grenade.
- Marok, A., Hadji, F., 2017. *Les argiles du bassin de la Tafna (Algérie nord occidentale) : caractérisation et valorisation, communication orale, table-ronde « Villes et campagnes dans l'émirat de Tlemcen au Moyen Âge », organisée par l'Université Abu Bakr Belkaid de Tlemcen, l'UMR 8165 – Orient et Méditerranée – Islam médiéval et l'Institut méditerranéen. 6-8 novembre 2017, Tlemcen, Algérie*.
- Molera, J., Pradell, T., Salvadó, N., Vendrell-Saz, M., 2001. Interactions between clay bodies and lead glazes, *Journal of American Ceramic Society*, 84, 5 : 1120-1128.
- Mouliérac, J. 1999. *Céramiques du monde musulman*. Collections de l'Institut du monde arabe.
- Niane, D. T. (dir.), 2000. *Histoire générale de l'Afrique, IV. L'Afrique du XI<sup>e</sup> au XV<sup>e</sup> siècle*. Paris, Unesco, 2<sup>nd</sup> éd.
- Peters, T., Iberg, R., 1978. Mineralogical changes during firing of calcium-rich brick clays, *American Ceramic Society Bulletin*, 57, 5: 503-509.
- Picon, M., Thirirot, J., Vallauri, 1995, Techniques évolution et mutations. In *Le vert et le brun de Kaiouran à Avignon, céramiques du X<sup>e</sup> au XV<sup>e</sup> siècle*, Paris : 41-135.
- Terrasse, M, Charpentier, A., 2008a. *Rapport préliminaire de stage archéologique*, Tlemcen.
- Terrasse, M, Charpentier, A., 2008b. *Recherches d'archéologie tlemcénienne, le Meshouar. État de la question*, Tlemcen.

# La céramique de poêle du site Berg Armo (xvi<sup>e</sup> siècle, Sainte-Marie-aux-Mines, France) : matériaux et techniques de fabrication

*Stove Ceramics from the Site of Berg Armo (16<sup>th</sup> c., Sainte-Marie-aux-Mines, France):  
Materials and Manufacturing Techniques*

Delphine BAUER<sup>a</sup>, Ayed BEN AMARA<sup>b</sup> et Nadia CANTIN<sup>b</sup>

**Résumé :** Le site de la maison 1 du district de Berg Armo à Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin, France) a permis la mise au jour d'un lot important de céramique de poêle daté du xvi<sup>e</sup> siècle. Des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur cet ensemble clos afin d'évaluer l'homogénéité des carreaux et de vérifier l'hypothèse d'une production à proximité du site. Pour cette étude, 23 fragments appartenant aux 4 motifs les plus représentés ont été analysés à la loupe binoculaire, par microscopie polarisante et microscopie électronique à balayage, couplée à un spectromètre de rayons X en dispersion d'énergie. Ces analyses ont permis de révéler que les pâtes contiennent des fragments de roches caractéristiques de la région vosgienne. Pour l'ensemble des échantillons analysés, on note une variabilité dans les matières premières argileuses et les recettes des glaçures. Ces dernières se différencient par leur teneur en cuivre et en aluminium. On constate ainsi que des motifs proches stylistiquement ne sont pas le fruit d'une même production. Ces carreaux ont donc été produits localement mais dans des ateliers différents ou, étant donné qu'il s'agit d'un ensemble provenant d'un seul poêle, pourraient correspondre à des réparations successives de celui-ci.

**Abstract:** *The site of House 1 in the district of Berg Armo in Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin, France) yielded an important number of furnace ceramics dating back to the 16<sup>th</sup> century. We performed physical and chemical analyses on this closed set to confirm our assumption that a workshop existed close to the site, but also to evaluate the homogeneity of the stove ceramics. 23 fragments representing the 4 most represented pattern types were studied. Our methods include examination with stereomicroscope, petrography and scanning electron microscopy coupled with an X-ray energy dispersive spectrometer. These analysis show that the ceramic paste contains fragments of rocks characteristic of the Vosges region. For all the analysed samples, there is variability in the clay raw materials and glaze recipes. Glazes are differentiated by their content of copper and aluminium. It can thus be seen that stylistically related motifs are not the fruit of the same production. Thus, either these tiles were produced locally but in different workshops, or – given that the set of tiles comes from a unique furnace – they might correspond to successive maintenance and repair phases.*

**Mots clés :** Berg Armo, céramique glaçurée, matériaux, poêle, technique de fabrication, Renaissance.

**Keywords:** *Berg Armo, glazed ceramic, materials, stove, manufacturing technique, Renaissance.*

## 1. INTRODUCTION

De nombreux travaux ont déjà été consacrés au système de chauffage qu'est le poêle et aux modules qui le composent.

Mais il s'agit avant tout de monographies de découvertes ponctuelles, d'un atelier de potier, d'un type de décor ou d'ouvrages traitant des techniques de fabrication, comme la thèse (inédite) de J.-P. Minne (1991) ou celle de Sophie

<sup>a</sup> Centre de Recherche sur les Economies, les Sociétés, les Arts et les Techniques (CRESAT, EA2449), Université de Haute-Alsace, Mulhouse. (delphine.bauer@uha.fr)

<sup>b</sup> Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux – Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (IRAMAT – CRP2A, UMR5060), Université Bordeaux Montaigne, Pessac. (ayed.ben-amara@u-bordeaux-montaigne.fr) (nadia.cantin@u-bordeaux-montaigne.fr)

Stelzle-Hüglin (1999), pour la région fribourgeoise dans le Bade-Wurtemberg en Allemagne. En revanche à notre connaissance, peu d'études archéométriques ont été menées sur ce type de céramique glaçurée (Janke *et al.*, 1991). C'est dans le cadre d'une thèse (soutenue le 21 décembre 2018)<sup>1</sup> sur la céramique de poêle en Alsace (xiv<sup>e</sup>-xvii<sup>e</sup> siècle) que des analyses physico-chimiques ont été entreprises sur un ensemble clos datant du xvi<sup>e</sup> siècle et provenant d'un même poêle, celui de la maison 1 du site d'habitat minier de Berg Armo à Sainte-Marie-aux-Mines. Au xvi<sup>e</sup> siècle, le district minier connaît son apogée. On y exploite surtout l'argent mais également le cuivre et le plomb dans une moindre mesure (Fluck *et al.*, 2013).

Devant la variété des motifs des fragments de carreaux glaçurés, on s'interroge sur l'homogénéité des matériaux et des techniques de fabrication employés. Ces carreaux sont-ils produits par un ou plusieurs ateliers dans la vallée de Sainte-Marie-aux-Mines? Par ces analyses, il s'agit donc de préciser la texture et la composition des pâtes, des engobes et des glaçures afin d'appréhender les techniques de fabrication et de déterminer s'ils ont été façonnés à partir des mêmes matières premières.

## 2. PRÉSENTATION DU SITE

Le site de la maison 1 se situe au sein du district minier de Berg Armo à Sainte-Marie-aux-Mines dans le département du Haut-Rhin (fig. 1 et 2), à proximité immédiate de mines d'argent exploitées à la même période (xvi<sup>e</sup> siècle), d'une forge et d'une laverie de minerais en cours de fouille et qui n'a pas encore pu être datée (Fluck *et al.*, 2013). La maison se situe sur un petit plateau où les fouilles 2014-2015 ont permis la mise au jour d'un deuxième habitat à trois mètres à l'est de la première.

La maison 1, fouillée en 2013, est faite de pierres sèches et mesure 6,60 m sur 8,10 m. Elle est constituée de quatre pièces. Les seuils entre les différentes pièces ont été retrouvés, ce qui nous permet de comprendre la circulation au sein du bâtiment. L'entrée se fait par l'ouest, par la pièce 2, celle-ci est reliée au sud à la pièce 4 et à l'est à la pièce 1. La pièce 1, quant à elle, est reliée au sud à la pièce 3 (fig. 2).

La pièce 1 est celle ayant livré le mobilier le plus important (céramique culinaire et de poêle, verre à vitre, métal). Elle mesure 3,80 m sur 3,35 m soit environ 13 m<sup>2</sup>. Au vu de la taille de la pièce (la plus importante de la maison) et des éléments de mobilier mis au jour, on peut émettre

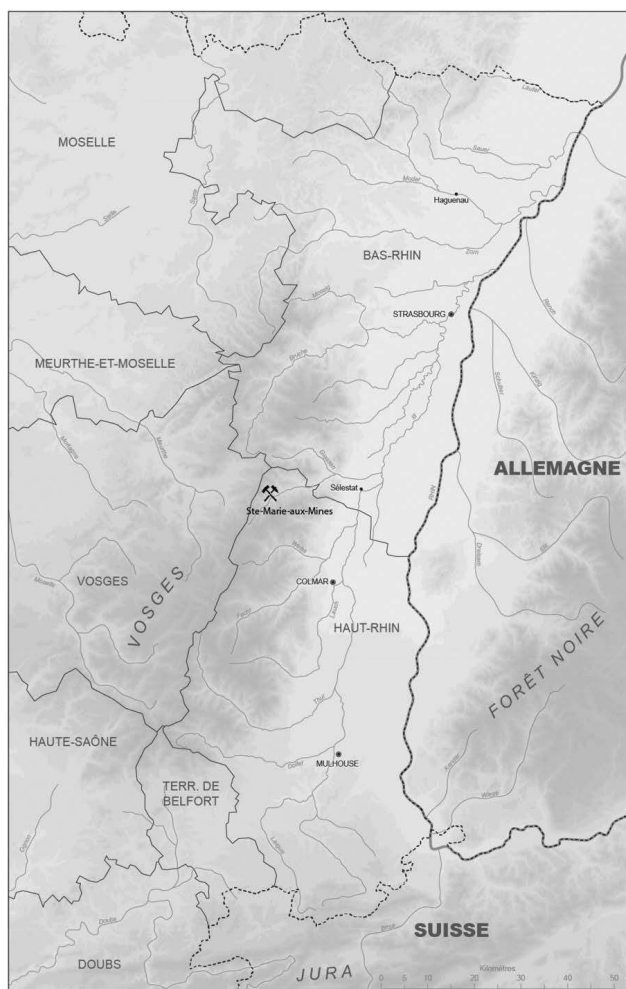


Figure 1 : Carte de localisation du district minier de Berg Armo à Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin).

Figure 1: Location map of the mining district of Berg Armo in Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin).

l'hypothèse qu'il s'agisse de la pièce principale de la maison, la « Stube2 ».

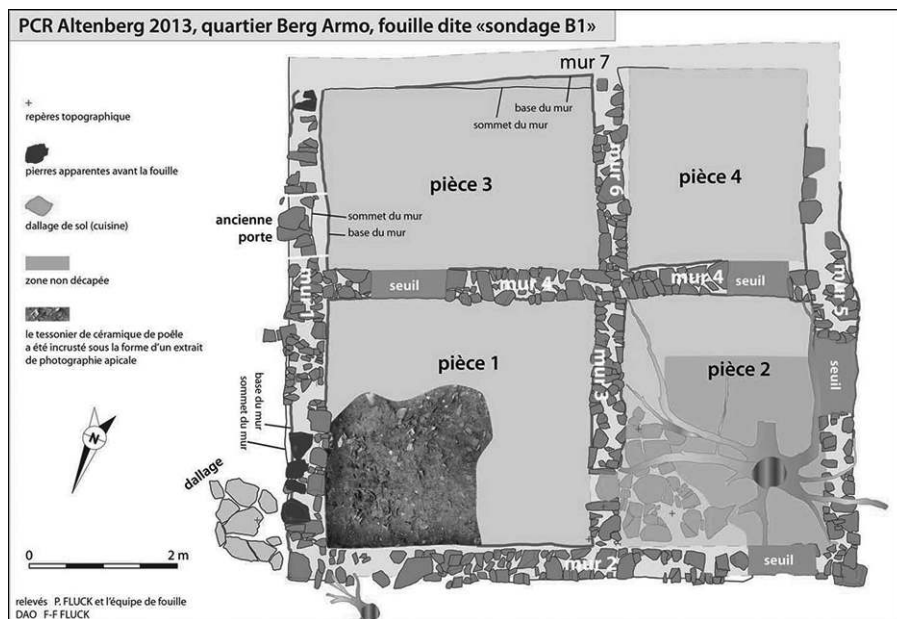
La pièce 2, la première quand on rentre dans la maison, mesure 3,35 m sur 2,50 m soit environ 8,5 m<sup>2</sup>. Le sol de la pièce est dallé au niveau d'une structure identifiée comme étant un four et en terre battue sur le reste de la surface fouillée. Nous nous trouvons sans doute ici dans la cuisine de la maison. Une ouverture dans le mur 3 (reliant les pièces 1 et 2) pouvait servir au chargement du four ou alors à chauffer le poêle se situant dans la pièce 1. Cette dernière hypothèse semble la plus plausible étant donné que cette disposition est très courante à cette période dans tous les types d'habitat

1. Delphine Bauer, « La céramique de poêle en Alsace (xiv<sup>e</sup>-xvii<sup>e</sup>) » sous la direction de Pierre Fluck et la co-direction de Jean-Jacques Schwien à l'université de Haute-Alsace.

2. Dans l'espace germanique, la « stube » est une pièce à vivre dans laquelle on trouve un poêle.

Figure 2 : (Voir planche couleur XX) Berg Armo, plan de la maison 1 et localisation des carreaux de poêle (Fluck et al., 2013).

Figure 2: (See colour plate XX) Berg Armo, house 1 plan and location of stove tiles (Fluck et al., 2013).



(Maire, Schwien, 2000). En effet, le poêle était chargé par une pièce annexe, souvent la cuisine, le foyer servant alors aux deux utilisations afin de garantir un meilleur confort dans la « Stube ». Ce système évitait les nuisances dues aux fumées et à l'entreposage du bois. Seule contradiction à cette hypothèse, aucune base de poêle n'a été mise au jour dans la pièce 1.

Les pièces 3 et 4, respectivement 8,2 m<sup>2</sup> et 6,4 m<sup>2</sup>, ont livré peu de mobilier. Leur fonction n'est pas clairement définie (peut-être des ateliers).

### 3. MATÉRIEL ÉTUDIÉ

La fouille de la pièce 1 a permis la mise au jour d'un lot de carreaux de poêle (fig. 3). Après remontage, on compte quarante-cinq carreaux (dix-neuf plats, vingt-deux bombés et quatre carreaux-bol), tous à pâte orange (5YR -5/6 selon la charte Munsell), engobés et recouverts d'une glaçure verte de nuance variable. Les carreaux associés aux motifs 1 (étoiles à six branches dans trame géométrique) et 9 (homme casqué) se distinguent par une glaçure de couleur vert clair (fig. 3). Les différents individus ont globalement la même taille, aux alentours de 16 cm de côté pour les carreaux plats et de 13 cm pour les carreaux-bols. L'examen macroscopique montre que les carreaux-bols sont façonnés en entier à l'aide d'un tour de potier. Les carreaux plats, quant à eux, sont fabriqués par assemblage d'un corps d'ancrage, réalisé au tour de potier, et d'une partie avant, celle où se trouve le décor et qui est moulée. Un « boudin » d'argile vient assembler les deux éléments.

Les carreaux de poêle, plats ou bombés, portent neuf motifs ou variantes différents. Deux de ces motifs sont dominants : celui en fond d'écuelle (huit carreaux dont deux plats et six bombés, fig. 3, motif 2) avec une variante qui présente des étoiles dans les écoinçons (cinq carreaux bombés, fig. 3, motif 3) et le motif à trame géométrique dans laquelle s'intègrent des étoiles à six branches (dix-sept carreaux, huit plats et neuf bombés, fig. 3, motif 1). Ce dernier motif fait partie des carreaux de type « tapisserie » datés du XVI<sup>e</sup> siècle. En effet, le décor est conçu de telle manière qu'une fois les carreaux mis l'un à côté de l'autre sur le poêle, ils forment un décor continu. Ce motif est très rare. Un seul tesson correspondant à ce décor a été mis au jour en Alsace, sur un autre site minier non loin de Sainte-Marie-aux-Mines à Fertrupt (Bohly, Fluck, 2000). Il semblerait donc qu'il s'agisse ici d'un motif typique du Val d'Argent fabriqué sans doute par un potier local. En ce qui concerne le motif en fond d'écuelle, il est assez courant pour la fin du XV<sup>e</sup> et le XVI<sup>e</sup> siècle en Alsace et sur tous les types de sites (ruraux, urbains, castraux et miniers) (Minne, 1977, p. 116-117). On les retrouve dans de nombreuses collections de musées et les dépôts archéologiques. Toutefois, la présence d'étoiles dans les écoinçons est un élément rare sur les carreaux portant ce décor. À notre connaissance, il existe un seul autre carreau avec ce motif au château de Ramstein, qui se trouve à la sortie du Val d'Argent (Minne, 1977, p. 117).

À côté de ces motifs dominants, on compte six autres motifs dont la plupart sont rares voire uniques à Sainte-Marie-aux-Mines et ailleurs en Alsace. C'est le cas notamment du motif qui présente au milieu du carreau un sablier

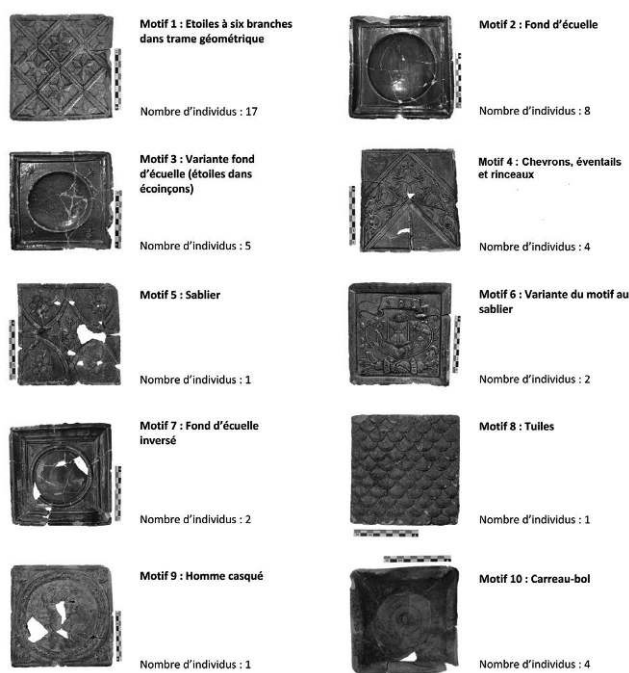


Figure 3 : (Voir planche couleur XXI) Récapitulatif des différents motifs mis au jour sur le site de Berg Armo, maison 1 (le motif 4 est présenté ici dans sa variante, sans éventails dans les écoinçons).  
 Figure 3: (See colour plate XXI) Summary of the various motifs found on the Berg Armo site, house 1. The pattern 4 is presented here in its variant, without fans in the spandrels.

entouré de motifs végétaux, surmonté d'un phylactère sur lequel on peut lire les lettres « S B E » (fig. 3, motif 6). Au-dessous de ce décor, on voit un cœur au-dessus de deux mains qui se croisent. Deux carreaux portant ce décor, un plat et un bombé, ont été mis au jour. Ce motif peut être considéré comme une variante du motif au sablier sur lequel on peut lire les mêmes lettres (Minne, 1977, p. 121). Un seul carreau de ce type a été mis au jour en Alsace, plus précisément dans le Val d'Argent sur le site de la mine Saint-Jean (Schnitzler, 1990, p. 511).

Ce lot de céramique de poêle compte également un autre motif peu commun (motif 4, fig. 3) que l'on trouve uniquement sur le site Saint-Jean. C'est une variante de celui en chevrons, éventails et rinceaux mais sur laquelle n'apparaissent pas les éventails dans les écoinçons. La fouille a livré des tessons de deux carreaux au motif standard et de deux exemplaires de la variante. Le motif standard est très répandu dans le Val d'Argent (Bohly, Fluck, 2000). Il est également présent sur presque tous les sites miniers alsaciens ayant livré de la céramique de poêle. On ne le retrouve sur aucun autre site en Alsace.

Un autre motif, inédit cette fois-ci dans le Val d'Argent, mais qui a été mis au jour sur quelques sites alsaciens, est

celui de l'écuelle inversée ou convexe (fig. 3, motif 7). Le site de la maison 1 de Berg Armo a permis la mise au jour de deux carreaux plats de ce type. Le premier carreau a les écoinçons vides, alors que le deuxième porte des fleurs de lys dans les quatre écoinçons. Ce type de motif n'est pas très courant sur les sites alsaciens et on le rencontre sur certains sites castraux comme au château du Haut-Koenigsbourg<sup>3</sup>.

La fouille a également mis au jour trois autres motifs. Chacun d'entre eux est représenté par un seul exemplaire. Il s'agit d'un carreau plat au motif au sablier, d'un carreau bombé au motif tuilé et d'un carreau plat avec un personnage casqué en buste et tenant un bouclier (fig. 3, respectivement les motifs 5, 8 et 9). Le premier motif est assez répandu en Alsace au XVI<sup>e</sup> siècle et plus particulièrement sur les sites miniers. Le second est lui aussi très courant, plus précisément sur les sites urbains. Mais il faut noter que cette fouille nous a livré le premier carreau entier de ce type pour un site minier. Il est étonnant qu'un seul carreau avec ce motif ait été mis au jour puisqu'il s'agit ici d'un motif de type « tapisserie », c'est-à-dire que les différents carreaux s'assemblent pour former un décor. Quant au troisième motif, typiquement renaissance, il est inédit en Alsace. Malheureusement, il n'est pas conservé dans son intégralité et le relief est très émoussé.

Au vu de l'ensemble du mobilier, nous sommes sans doute en présence d'un poêle de petite taille qui compte deux motifs dominants (1 et 2). Les autres types de motifs sont, soit dus à des réparations et des changements de carreaux, soit destinés à occuper une place privilégiée dans le poêle et donc dans son programme iconographique. On peut émettre l'hypothèse d'un poêle en deux parties : une partie basse quadrangulaire formée de carreaux plats et une partie haute composée de carreaux bombés et de carreaux-bol pour finir le dôme (en effet, aucune corniche n'a été mise au jour lors de la fouille, le poêle ne pouvait donc pas avoir un sommet plat). Cette forme est classique pour le XVI<sup>e</sup> siècle ; d'autres poêles à deux corps et au programme iconographique proche ont également été observés sur d'autres sites miniers de la même vallée (fig. 4). Des poêles, plus simples, à un corps ont également été identifiés (fig. 5).

Pour l'étude archéométrique, nous avons analysé 23 fragments prélevés sur des carreaux remontés et qui correspondent aux quatre motifs les plus représentatifs (fig. 3). En effet, la contrainte de prélèvement (section perpendiculaire à la surface de quelques millimètres) et le faible nombre des individus (1 à 2 exemplaires, sauf pour les carreaux-bols) à limiter les analyses à ces motifs :

3. D'après une information recueillie auprès de Jean-Jacques Schwien, archéologue et professeur en archéologie médiévale à l'Université de Strasbourg.



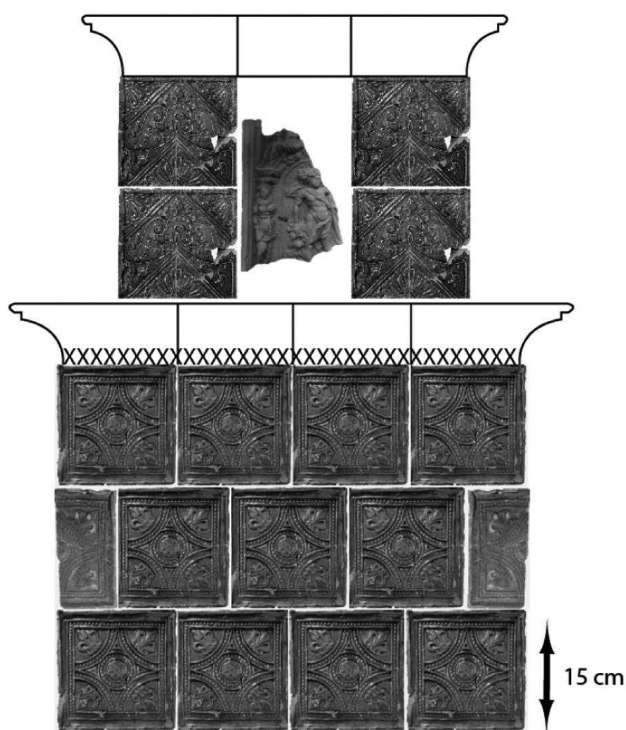


Figure 4 : (Voir planche couleur XXI) Reconstitution du poêle du site de Fouchelle 5a à Sainte-Marie-aux-Mine (DAO D. Bauer).  
 Figure 4: (See colour plate XXI) Reconstruction of the stove at the Fouchelle 5a site at Sainte-Marie-aux-Mine (D. Bauer).

- motif 1 : étoiles à six branches dans trame géométrique (10),
- motif 2 : fond d'écuelle (5),
- motif 3 : variante du fond d'écuelle qui présente des étoiles dans les écoinçons (5),
- motif 4 : chevrons, éventails et rinceaux (3, dont deux, BDX16618 et BDX16619, correspondent à la forme standard).

#### 4. MÉTHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE

La caractérisation des carreaux glaçurés a été réalisée sur des lames épaisses (3 mm environ), prélevées perpendiculairement à la surface des échantillons, et sur des lames minces pour l'étude pétrographique.

Sur les sections épaisses polies, des observations en lumière blanche ont été effectuées à la loupe binoculaire (Leica M125 couplée à une caméra numérique Leica DFC4500) pour l'examen de la texture de l'ensemble glaçure-terre cuite. Ensuite, les échantillons ont été étudiés par microscopie électronique à balayage à pression variable (JEOL, 6460

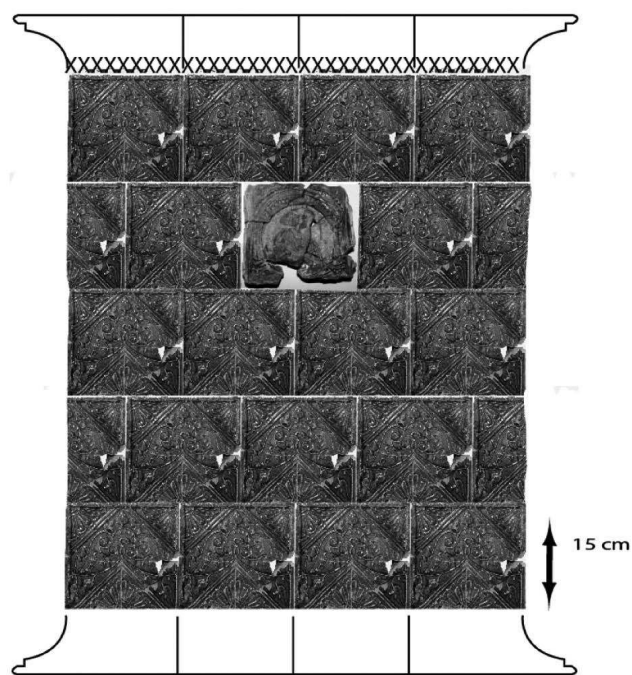


Figure 5 : (Voir planche couleur XXII) Reconstitution du poêle du site de Bas Patris 3 à Sainte-Marie-aux-Mine (DAO D. Bauer).  
 Figure 5: (See colour plate XXII) Reconstruction of the stove at the Bas Patris 3 site at Sainte-Marie-aux-Mine (D. Bauer).

LV), couplé à un spectromètre de rayons X en dispersion d'énergie (OXFORD Instruments, SDD X-Max), en mode *Low vacuum* (20 Pa), pour l'examen de la micro-texture et l'évaluation de l'homogénéité chimique (imagerie en mode électrons rétrodiffusés) mais également pour la détermination de la composition chimique des glaçures et des pâtes. Le faisceau d'électrons est accéléré sous une tension de 20 kV avec un temps d'acquisition de 120 secondes. Les analyses quantitatives ont été réalisées, à partir des standards de la société Oxford Instruments, et des standards de verres en complément pour l'analyse des glaçures (Na : Corning B; Si, K, Pb : BCR-126A; Ca : Corning D). Conformément à l'usage, les teneurs sont exprimées en pourcentages pondéraux d'oxydes. Elles représentent la moyenne de six à dix mesures sur des surfaces d'environ 300 µm x 60 µm pour les glaçures, 600 µm x 100 µm pour les engobes et 1 000 µm x 600 µm pour les pâtes. Les résultats sont normalisés à 100 %. Les données obtenues en mode *Low vacuum* (20 à 25 Pa) offrent des résultats équivalents à ceux en mode *High vacuum* (Emery, 2012).

Pour l'étude pétrographique des lames minces, nous avons utilisé un microscope polarisant Leica DM2500P avec des objectifs de 2.5x à 40x. 15 lames ont été réalisées de façon inégale dans les 4 motifs, en raison de contraintes d'échan-

tillonnage. Les lames ont été réparties comme suit 6 dans le motif 1, 4 dans le motif 2, 2 dans le motif 3, 3 dans le motif 4.

## 5. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET DISCUSSION

Nous présenterons respectivement les observations et les analyses effectuées sur les pâtes, les engobes et les glaçures de ces matériaux composites.

### Les pâtes

L'observation en lumière naturelle de la section des différents carreaux montre une matrice orange parsemée d'inclusions de granulométrie variable (allant jusqu'à 1 mm), dont la plupart sont transparentes, blanches ou grises. À ce stade, aucun élément ne permet de distinguer des différences notables dans les pâtes entre les différents motifs.

Afin de préciser la composition minéralogique des pâtes et vérifier sa concordance avec une origine locale, l'analyse pétrographique a été menée sur les échantillons correspondants aux motifs 1 à 4. Les différences constatées se situent surtout au niveau de la granulométrie. On retiendra cependant les descriptions suivantes qui caractérisent chaque motif.

Le motif 1 (fig. 6-1) est caractérisé par la présence d'une forte proportion d'inclusions non plastiques de nature quartzo-feldspathique réparties principalement dans les fractions granulométriques grossières (> 500 µm) et fines (20-30 µm). On notera la forte proportion de feldspaths potassiques dans ce groupe. Beaucoup de fragments lithiques issus de roches plutoniques acides (granite) et de roches métamorphiques (gneiss) sont observés. Dans certaines lames, des roches typiques du socle vosgien ont été repérées (gneiss à sillimanite et grenats).

Le motif 2 (fig. 6-2) est caractérisé par une forte proportion d'inclusions réparties dans les 3 classes granulométriques suivantes 20-30 µm; 200-300 µm et > 500 µm, de nature quartzo-feldspathiques. On note la présence de feldspaths plagioclases, parfois très altérés, et en proportion plus importante que dans le motif 1. Biotite et amphibole font aussi parties du cortège minéralogique ainsi que des fragments lithiques de type granito-gneissique.

Les exemplaires du motif 3 (fig. 6-3) montrent une composition un peu différente avec la présence de concrétions ferrugineuses. Parmi le cortège minéralogique, quartz et feldspaths potassiques ont été observés. La particularité de ce groupe semble résider dans la présence de muscovite en pro-

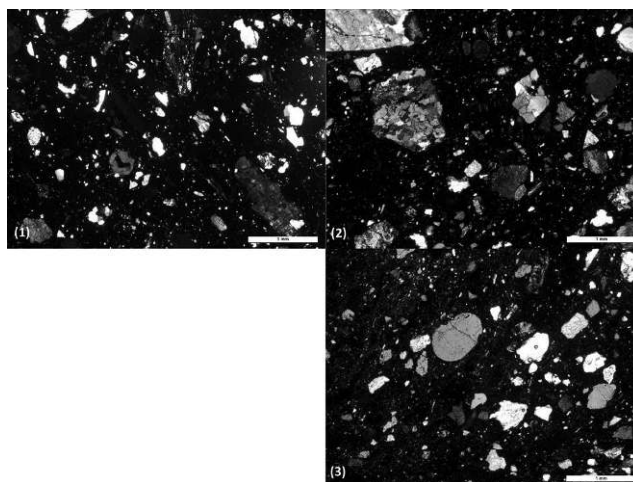


Figure 6 : (Voir planche couleur XXII) Analyse pétrographique en lumière polarisée analysée de trois échantillons représentatifs des motifs 1 à 3.

*Figure 6: (See colour plate XXII) Petrographic analysis (polarized light analyzed) of three representative samples of patterns 1 to 3.*

portion plus importante. Des fragments de roches uniquement issus de roches plutoniques acides ont été identifiés.

Les trois lames réalisées dans le motif 4 présentent des caractéristiques différentes. En effet, deux d'entre eux (BDX16618 et BDX16619) ont des inclusions abondantes dans la fraction fine (< 50 µm). Les minéraux isolés (quartz, feldspaths potassiques et plagioclases altérés, oxydes de fer), à la fois dans la fraction fine et grossière, sont en proportion supérieure aux fragments lithiques, représentés principalement par des fragments de roches plutoniques acides. Il est difficile à ce stade de rattacher ces deux échantillons aux motifs 1 à 3. Le troisième carreau appartenant au motif 4 (BDX16621) a une composition différente riche en inclusions moyennes et grossières avec la présence de fragments de roches métamorphiques. Aux minéraux précédemment décrits s'ajoute la présence de biotite et amphibole. Cette composition s'apparente à celle du motif 2.

Par ailleurs, l'analyse par MEB-EDS sur des sections polies montre que les pâtes sont non calciques (inf. à 1,5 % en CaO) et se répartissent en trois groupes, correspondant aux motifs 1, 2 et 3. La discrimination se fait essentiellement sur les éléments aluminium, potassium et calcium (tableau 1). Ainsi les teneurs en pourcentage massique en  $Al_2O_3$  pour les motifs 1 à 3 sont respectivement  $24,3 \pm 1,4$ ;  $15,7 \pm 1,3$  et  $17,8 \pm 1,0$ . Les carreaux associés au motif 2 présentent des teneurs relativement plus élevées en calcium ( $1,1 \pm 0,1$  %), comparées à  $0,6 \pm 0,1$  % et  $0,4 \pm 0,1$  % pour les motifs 1 et 3 respectivement. Cette teneur plus élevée dans le motif 2 peut être corrélée à la plus forte proportion de feldspaths

plagioclases. La discrimination par le calcium n'est pas affectée par un apport de calcium pendant l'enfouissement ; en effet, les observations pétrographiques n'ont pas révélé la formation de calcite secondaire dans les pores. Bien que le nombre d'individus analysés soit faible, l'analyse en composantes principales (fig. 7) illustre clairement la séparation entre les motifs 1 à 3 et montrent le fait que les trois échantillons du motif 4 se répartissent entre les groupes associés aux motifs 1 (BDX16618 et BDX16619) et 2 (BDX16621). Notons par ailleurs que les exemplaires du motif 3 présentent les teneurs en fer les plus basses (tableau 1) bien qu'ils contiennent plus de concrétions ferrugineuses. Ce constat peut être expliqué par la présence du fer dans les autres échantillons à des teneurs plus élevées sous d'autres formes minéralogiques, de faible granulométrie (difficile à caractériser par pétrographie).

### Les engobes

L'ensemble des échantillons présente un engobe d'une couleur non homogène variant du blanc au gris et d'épaisseur irrégulière (140 à 600  $\mu\text{m}$ ). Il se distingue de la terre cuite par une granulométrie plus faible (fig. 8).

L'analyse pétrographique révèle que les échantillons associés aux motifs 1 et 2 contiennent des inclusions de 30 à 50  $\mu\text{m}$  de diamètre, majoritairement des quartz et quelques

micas. En revanche, les engobes des échantillons du motif 3 sont constitués d'inclusions plus grossières (100 à 150  $\mu\text{m}$ ) avec une plus forte diversité d'inclusions (quartz polycristallins, feldspaths plagioclases, micas, silex). L'analyse n'a pas pu être réalisée sur les échantillons du motif 4 (partie absente sur les lames minces).

La composition élémentaire des engobes est équivalente entre les différents carreaux analysés. Aucune différence notable n'a été constatée (tableau 2). La terre argileuse employée présente un rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  qui varie faiblement entre 3,8 et 4,6. Les teneurs en silicium sont élevées (74 à 78 %). Les teneurs en calcium et en fer sont faibles (respectivement 0,2 à 0,6 % en CaO et 1,2 à 1,9 % en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

### Les glaçures

L'épaisseur des glaçures est variable au sein du même carreau et entre les différents échantillons. Elle résulte de plusieurs paramètres : répartition non uniforme du mélange glaçant sur le carreau, présence de quelques coulures de glaçure et par endroit de l'altération. Elle varie globalement entre 50 et 200  $\mu\text{m}$ . Les glaçures sont transparentes et colorées en vert. Elles sont fortement plombifères (47 à 66 % en PbO). Les teneurs en alcalins sont inférieures à 1,1 % en  $\text{K}_2\text{O}$  et à 0,3 % en  $\text{Na}_2\text{O}$  (tableau 3). La couleur verte de la glaçure est liée à la présence de l'ion  $\text{Cu}^{2+}$  dans une

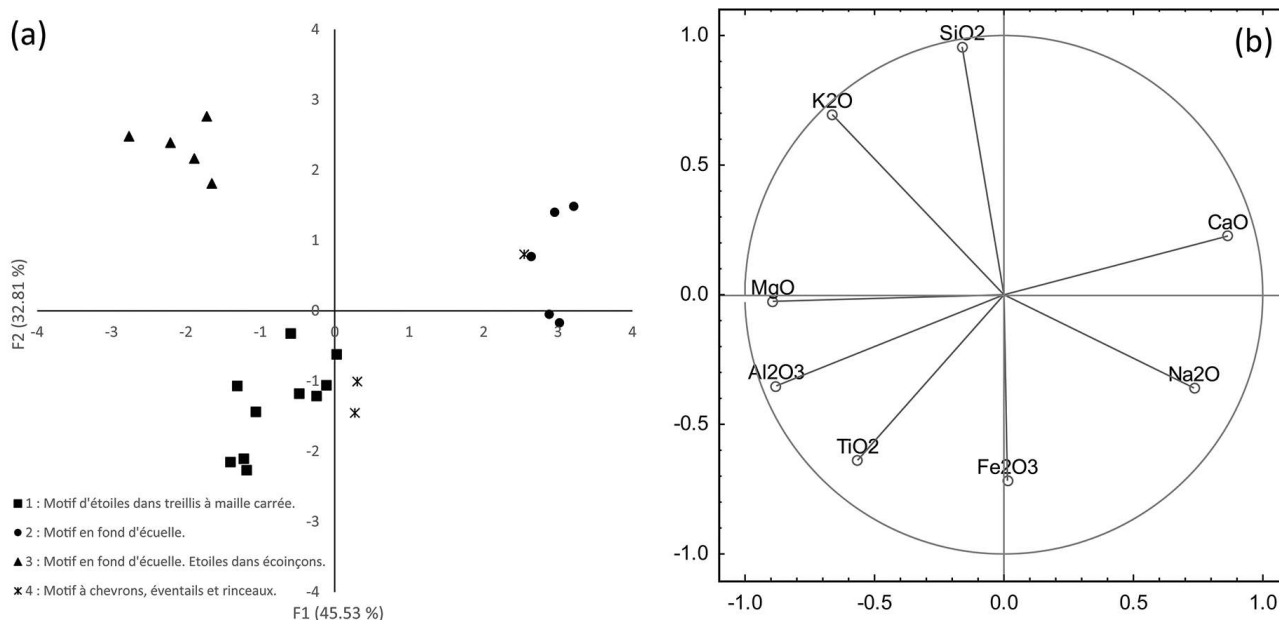


Figure 7 : Analyse en Composantes principales de la composition élémentaire des terres cuites : projection des individus (a) et des variables (b).

Figure 7: Principal Components Analysis of the chemical composition of bodies: projection of samples (a) and variables (b).

| Motif | Référence | Na <sub>2</sub> O | MgO       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO       | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Groupe chimique |
|-------|-----------|-------------------|-----------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------|------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1     | BDX16623  | 0,8 ± 0,2         | 2,1 ± 0,1 | 25,3 ± 0,7                     | 61,1 ± 0,9       | 2,9 ± 0,3        | 0,6 ± 0,1 | 1,0 ± 0,1        | 6,4 ± 0,2                      | 1               |
|       | BDX16624  | 0,9 ± 0,1         | 2,1 ± 0,1 | 25,1 ± 0,6                     | 61,9 ± 1,4       | 2,8 ± 0,2        | 0,5 ± 0,1 | 1,0 ± 0,1        | 5,8 ± 0,8                      |                 |
|       | BDX16625  | 0,9 ± 0,1         | 2,2 ± 0,1 | 26,2 ± 0,8                     | 61,4 ± 0,9       | 3,0 ± 0,2        | 0,6 ± 0,1 | 0,8 ± 0,2        | 5,0 ± 0,4                      |                 |
|       | BDX17313  | 1,0 ± 0,1         | 2,1 ± 0,2 | 26,6 ± 1,5                     | 60,2 ± 2,1       | 3,1 ± 0,2        | 0,5 ± 0,1 | 1,0 ± 0,1        | 5,7 ± 0,3                      |                 |
|       | BDX17314  | 0,8 ± 0,2         | 1,9 ± 0,1 | 23,6 ± 1,1                     | 64,0 ± 1,5       | 2,9 ± 0,2        | 0,5 ± 0,1 | 0,9 ± 0,1        | 5,4 ± 0,3                      |                 |
|       | BDX17315  | 0,8 ± 0,1         | 1,9 ± 0,1 | 23,5 ± 1,0                     | 64,3 ± 1,7       | 3,2 ± 0,4        | 0,6 ± 0,1 | 0,8 ± 0,1        | 4,9 ± 0,3                      |                 |
|       | BDX17316  | 1,0 ± 0,3         | 2,0 ± 0,2 | 22,5 ± 1,6                     | 65,2 ± 2,3       | 2,9 ± 0,6        | 0,7 ± 0,1 | 0,8 ± 0,1        | 4,9 ± 0,4                      |                 |
|       | BDX17317  | 1,1 ± 0,2         | 1,8 ± 0,2 | 23,0 ± 1,1                     | 64,6 ± 1,7       | 3,0 ± 0,4        | 0,5 ± 0,1 | 0,9 ± 0,1        | 5,0 ± 0,6                      |                 |
|       | BDX17318  | 0,8 ± 0,1         | 2,0 ± 0,2 | 23,7 ± 2,1                     | 63,8 ± 3,1       | 2,9 ± 0,2        | 0,6 ± 0,1 | 0,8 ± 0,1        | 5,4 ± 0,5                      |                 |
|       | BDX17319  | 0,9 ± 0,1         | 1,9 ± 0,1 | 23,9 ± 1,1                     | 63,6 ± 1,6       | 2,9 ± 0,2        | 0,6 ± 0,1 | 0,9 ± 0,1        | 5,3 ± 0,5                      |                 |
| 2     | BDX16627  | 1,2 ± 0,2         | 1,8 ± 0,2 | 15,9 ± 1,0                     | 72,2 ± 1,8       | 2,5 ± 0,4        | 1,1 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 4,6 ± 0,4                      | 2               |
|       | BDX16628  | 1,3 ± 0,1         | 1,8 ± 0,1 | 16,2 ± 0,7                     | 70,8 ± 1,1       | 2,6 ± 0,2        | 1,1 ± 0,1 | 0,7 ± 0,1        | 5,6 ± 0,4                      |                 |
|       | BDX16629  | 1,3 ± 0,1         | 1,8 ± 0,1 | 17,3 ± 0,8                     | 70,0 ± 1,2       | 2,6 ± 0,2        | 1,2 ± 0,1 | 0,8 ± 0,2        | 5,0 ± 0,3                      |                 |
|       | BDX17320  | 1,1 ± 0,4         | 1,6 ± 0,2 | 15,1 ± 0,5                     | 72,5 ± 1,0       | 3,2 ± 0,3        | 1,2 ± 0,2 | 0,6 ± 0,1        | 4,7 ± 0,6                      |                 |
|       | BDX17321  | 1,1 ± 0,2         | 1,4 ± 0,1 | 13,8 ± 1,2                     | 74,8 ± 2,1       | 2,9 ± 0,5        | 0,9 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 4,6 ± 0,4                      |                 |
| 3     | BDX17322  | 0,6 ± 0,1         | 1,6 ± 0,2 | 16,2 ± 1,3                     | 74,4 ± 1,9       | 3,3 ± 0,3        | 0,4 ± 0,1 | 0,6 ± 0,2        | 3,1 ± 0,4                      | 3               |
|       | BDX17323  | 0,4 ± 0,1         | 1,8 ± 0,2 | 19,0 ± 1,7                     | 70,0 ± 2,7       | 4,0 ± 0,3        | 0,5 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 3,7 ± 0,4                      |                 |
|       | BDX17324  | 0,5 ± 0,1         | 1,7 ± 0,1 | 18,2 ± 1,1                     | 71,2 ± 1,8       | 3,5 ± 0,3        | 0,5 ± 0,1 | 0,7 ± 0,1        | 3,8 ± 0,4                      |                 |
|       | BDX17325  | 0,5 ± 0,1         | 1,7 ± 0,1 | 17,8 ± 0,6                     | 71,8 ± 0,9       | 3,7 ± 0,2        | 0,4 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 3,5 ± 0,5                      |                 |
|       | BDX17326  | 0,6 ± 0,1         | 1,7 ± 0,1 | 17,9 ± 0,9                     | 71,5 ± 1,4       | 3,8 ± 0,4        | 0,4 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 3,5 ± 0,4                      |                 |
| 4     | BDX16618  | 1,9 ± 0,2         | 2,0 ± 0,2 | 20,0 ± 0,6                     | 67,4 ± 0,8       | 3,0 ± 0,2        | 0,5 ± 0,1 | 1,1 ± 0,1        | 4,2 ± 0,5                      | 1               |
|       | BDX16619  | 1,6 ± 0,1         | 2,0 ± 0,1 | 18,8 ± 0,5                     | 67,8 ± 0,7       | 3,2 ± 0,1        | 0,5 ± 0,1 | 1,2 ± 0,1        | 5,0 ± 0,2                      | 1               |
|       | BDX16621  | 1,2 ± 0,1         | 1,9 ± 0,1 | 16,8 ± 0,5                     | 71,3 ± 0,9       | 2,5 ± 0,2        | 1,2 ± 0,3 | 0,6 ± 0,1        | 4,6 ± 0,3                      | 2               |

Tableau 1 : Composition chimique des terres cuites obtenue par MEB-EDS. Les teneurs des éléments P, S et Cl sont inférieures à 0,1 %.  
 Table 1: Chemical composition of bodies obtained with SEM-EDS. The contents of P, S and Cl are below 0.1 %.

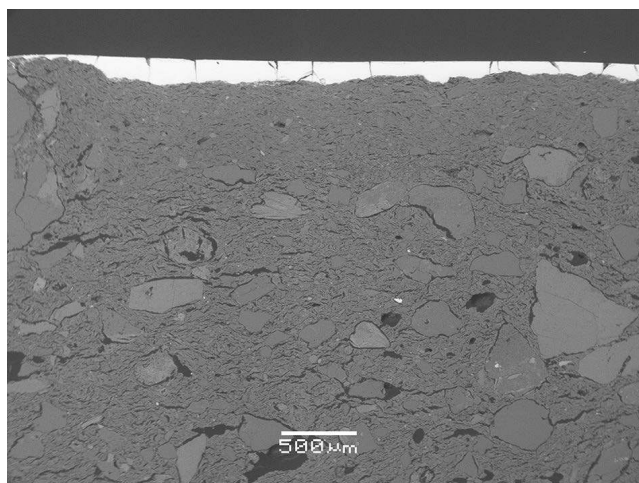


Figure 8 : Image au MEB de l'ensemble glaçure – engobe – terre cuite, en mode électrons rétrodiffusés.

Figure 8: SEM image of glaze – slip – body, in backscattered electron mode.

matrice vitreuse plombifère. La couleur de l'engobe (variable du blanc au gris indépendamment des motifs), visible par transparence, ainsi que la variabilité de l'épaisseur de la glaçure et les teneurs en oxyde de cuivre expliquent les nuances de la teinte (Ben Amara *et al.*, 2001). La couleur vert clair

de la glaçure des carreaux associés au motif 1 (étoiles à six branches dans trame géométrique, fig. 3) est liée à une teneur plus faible en cuivre ( $1,0 \pm 0,3$  % en CuO en moyenne) et un engobe plutôt blanc. L'autre élément chromogène, le fer, présente des teneurs faibles comprises entre 0,3 et 0,6 % en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et participe faiblement à la coloration de la glaçure. Sa présence n'est pas volontaire et résulterait à la fois des impuretés qui accompagnent les matières premières employées pour la fabrication des glaçures (minerai de plomb, argile...) et de l'interaction entre glaçure – engobe au moment de la cuisson (Tite *et al.*, 1998).

On note par ailleurs la présence dans les glaçures de l'aluminium avec des concentrations qui varient entre 2,7 et 8,2 % en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (tableau 3); ceci traduit l'ajout d'une argile dans le mélange glaçurant pour notamment faciliter la mise en suspension du minerai du plomb et améliorer l'adhérence du mélange glaçurant au carreau (liant). Ces teneurs en aluminium ne résultent pas de l'interaction glaçure – engobe; en effet, ce dernier étant de composition chimique homogène pour l'ensemble des échantillons et les valeurs élevées (sup. à 2 %) montre clairement un apport en aluminium (Tite *et al.*, 1998). Le rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se situe autour de 4,6 pour le motif 3 et se distingue nettement des motifs 1 et 2 (entre 7,8 et 10,9) (tableau 3). Les valeurs élevées du

| Motif | Référence | Na <sub>2</sub> O | MgO       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO       | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------|-----------|-------------------|-----------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------|------------------|--------------------------------|
| 1     | BDX16623  | 0,4 ± 0,1         | 1,3 ± 0,1 | 19,1 ± 1,0                     | 75,4 ± 1,3       | 1,7 ± 0,1        | 0,4 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 1,2 ± 0,1                      |
|       | BDX16624  | 0,4 ± 0,1         | 1,2 ± 0,1 | 19,4 ± 1,4                     | 74,5 ± 1,8       | 2,1 ± 0,2        | 0,3 ± 0,1 | 0,7 ± 0,2        | 1,3 ± 0,2                      |
|       | BDX16625  | 0,3 ± 0,1         | 1,2 ± 0,1 | 17,0 ± 2,0                     | 77,6 ± 2,3       | 1,7 ± 0,1        | 0,3 ± 0,1 | 0,6 ± 0,2        | 1,2 ± 0,2                      |
| 2     | BDX16627  | 0,4 ± 0,1         | 1,2 ± 0,1 | 18,1 ± 1,1                     | 74,8 ± 1,5       | 2,5 ± 0,2        | 0,5 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 1,8 ± 0,2                      |
|       | BDX16628  | 0,4 ± 0,1         | 1,2 ± 0,1 | 18,3 ± 1,0                     | 74,3 ± 1,4       | 2,5 ± 0,3        | 0,6 ± 0,1 | 0,8 ± 0,1        | 1,9 ± 0,2                      |
|       | BDX16629  | 0,3 ± 0,1         | 1,1 ± 0,1 | 17,9 ± 0,6                     | 75,2 ± 0,8       | 2,7 ± 0,3        | 0,5 ± 0,1 | 0,7 ± 0,1        | 1,6 ± 0,1                      |
| 3     | BDX17322  | 0,4 ± 0,1         | 1,3 ± 0,2 | 19,0 ± 1,5                     | 75,2 ± 1,9       | 1,9 ± 0,2        | 0,3 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 1,3 ± 0,2                      |
|       | BDX17323  | 0,3 ± 0,1         | 1,2 ± 0,1 | 17,4 ± 1,3                     | 77,0 ± 1,5       | 1,9 ± 0,2        | 0,3 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 1,4 ± 0,1                      |
|       | BDX17324  | 0,3 ± 0,1         | 1,2 ± 0,1 | 18,9 ± 1,3                     | 75,0 ± 1,6       | 2,2 ± 0,4        | 0,4 ± 0,1 | 0,7 ± 0,2        | 1,4 ± 0,2                      |
| 4     | BDX16618  | 0,5 ± 0,1         | 1,3 ± 0,1 | 19,6 ± 2,1                     | 74,0 ± 2,9       | 2,2 ± 0,4        | 0,3 ± 0,1 | 0,7 ± 0,3        | 1,3 ± 0,1                      |
|       | BDX16619  | 0,3 ± 0,1         | 1,1 ± 0,1 | 17,5 ± 1,0                     | 76,7 ± 1,4       | 2,1 ± 0,3        | 0,2 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1        | 1,4 ± 0,1                      |
|       | BDX16621  | 0,3 ± 0,1         | 1,1 ± 0,1 | 18,3 ± 1,1                     | 75,4 ± 1,3       | 2,3 ± 0,3        | 0,5 ± 0,1 | 0,7 ± 0,2        | 1,5 ± 0,1                      |

Tableau 2 : Composition chimique par MEB-EDS des engobes. Les teneurs des éléments P, S et Cl sont inférieures à 0,1 %.

Table 2: Chemical composition of slips obtained with SEM-EDS. The contents of P, S and Cl are below 0.1 %.

rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suggèrent l'ajout d'un sable fin en plus d'argiles dans le mélange glaçurant. L'imagerie MEB n'a pas révélé des cristaux non fondus, de type quartz par exemple, au sein de la glaçure (fig. 8).

La figure 9 montre que les glaçures des motifs 1, 2 et 3 se distinguent essentiellement par les teneurs en aluminium et en cuivre. Les teneurs moyennes en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dans

les motifs 1 et 2 sont proches (respectivement 3,9 ± 0,5 % et 3,8 ± 0,4 %) et se différencient de celles dans le motif 3 (5,9 ± 0,9 %). Les mélanges glaçurants des motifs 1 et 2 sont relativement proches et ils se distinguent par leurs teneurs en cuivre. Ce dernier est quasiment deux fois supérieur dans les échantillons associés au motif 2 (2,2 ± 0,5 % en CuO) (tableau 3). Par ailleurs, les trois échantillons du motif 4

| Motif    | Référence | MgO       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO       | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CuO       | ZnO        | PbO        | SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|----------|-----------|-----------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------|--------------------------------|-----------|------------|------------|--|
| 1        | BDX16623  | 0,4 ± 0,1 | 4,1 ± 0,4                      | 34,7 ± 1,4       | 0,6 ± 0,1        | 1,4 ± 0,4 | 0,6 ± 0,2                      | 0,6 ± 0,2 | nd         | 57,4 ± 1,4 | 8,6  |
|          | BDX16624  | 0,4 ± 0,1 | 3,8 ± 0,5                      | 34,9 ± 1,0       | 0,7 ± 0,1        | 0,7 ± 0,1 | 0,4 ± 0,1                      | 0,7 ± 0,1 | nd         | 58,2 ± 1,0 | 9,1  |
|          | BDX16625  | 0,3 ± 0,1 | 4,1 ± 0,5                      | 34,6 ± 1,0       | 0,6 ± 0,1        | 0,6 ± 0,1 | 0,5 ± 0,1                      | 0,8 ± 0,2 | nd         | 58,4 ± 1,3 | 8,4  |
|          | BDX17313  | 0,2 ± 0,1 | 3,9 ± 0,7                      | 31,4 ± 0,6       | 0,5 ± 0,1        | 0,7 ± 0,1 | 0,4 ± 0,1                      | 1,1 ± 0,2 | nd         | 61,8 ± 0,6 | 8,1  |
|          | BDX17314  | 0,4 ± 0,1 | 3,9 ± 0,5                      | 33,6 ± 1,6       | 0,9 ± 0,3        | 1,3 ± 0,1 | 0,4 ± 0,1                      | 0,9 ± 0,2 | nd         | 58,7 ± 2,7 | 8,6  |
|          | BDX17315  | 0,4 ± 0,1 | 3,9 ± 0,5                      | 34,1 ± 0,4       | 0,6 ± 0,1        | 1,6 ± 0,3 | 0,4 ± 0,1                      | 1,1 ± 0,2 | nd         | 57,7 ± 0,9 | 8,6  |
|          | BDX17316  | 0,3 ± 0,1 | 3,6 ± 0,3                      | 34,1 ± 0,8       | 0,8 ± 0,1        | 0,6 ± 0,1 | 0,3 ± 0,2                      | 1,0 ± 0,1 | nd         | 59,3 ± 1,1 | 9,5  |
|          | BDX17317  | 0,4 ± 0,1 | 4,3 ± 0,3                      | 34,8 ± 1,2       | 0,8 ± 0,1        | 0,7 ± 0,1 | 0,5 ± 0,2                      | 1,2 ± 0,1 | nd         | 57,2 ± 1,3 | 8,1  |
|          | BDX17318  | 0,3 ± 0,1 | 4,4 ± 0,6                      | 34,1 ± 0,6       | 0,6 ± 0,1        | 2,6 ± 0,4 | 0,5 ± 0,2                      | 1,5 ± 0,2 | nd         | 55,9 ± 1,0 | 7,8  |
| BDX17319 | 0,2 ± 0,1 | 2,7 ± 0,8 | 29,6 ± 1,2                     | 0,4 ± 0,1        | 0,9 ± 0,5        | 0,4 ± 0,1 | 1,0 ± 0,2                      | nd        | 64,9 ± 2,5 | 10,9       |  |
| 2        | BDX16627  | 0,4 ± 0,1 | 3,9 ± 0,3                      | 33,8 ± 0,9       | 0,8 ± 0,1        | 1,1 ± 0,4 | 0,6 ± 0,1                      | 2,3 ± 0,3 | nd         | 57,1 ± 0,8 | 8,6  |
|          | BDX16628  | 0,3 ± 0,1 | 3,7 ± 0,4                      | 32,6 ± 0,4       | 0,6 ± 0,1        | 0,5 ± 0,2 | 0,4 ± 0,1                      | 1,7 ± 0,2 | 0,7 ± 0,1  | 59,4 ± 0,9 | 8,8  |
|          | BDX16629  | 0,2 ± 0,1 | 3,2 ± 0,4                      | 31,7 ± 1,2       | 0,7 ± 0,1        | 0,6 ± 0,3 | 0,4 ± 0,1                      | 2,5 ± 0,3 | 1,2 ± 0,2  | 59,4 ± 1,1 | 10,0   |
|          | BDX17320  | 0,4 ± 0,1 | 4,3 ± 0,3                      | 35,8 ± 0,7       | 0,7 ± 0,1        | 1,6 ± 0,4 | 0,5 ± 0,1                      | 1,9 ± 0,3 | nd         | 54,8 ± 0,4 | 8,4  |
|          | BDX17321  | 0,3 ± 0,1 | 3,8 ± 0,1                      | 31,6 ± 0,8       | 0,6 ± 0,1        | 0,7 ± 0,1 | 0,5 ± 0,1                      | 2,9 ± 0,3 | 1,2 ± 0,2  | 58,2 ± 0,7 | 8,3  |
| 3        | BDX17322  | 0,4 ± 0,1 | 5,6 ± 0,1                      | 25,8 ± 0,2       | 0,6 ± 0,1        | 0,7 ± 0,1 | 0,5 ± 0,1                      | 1,2 ± 0,1 | nd         | 65,3 ± 0,2 | 4,6  |
|          | BDX17323  | 0,4 ± 0,1 | 5,4 ± 0,1                      | 25,1 ± 0,3       | 0,5 ± 0,1        | 0,5 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1                      | 1,7 ± 0,2 | nd         | 65,9 ± 0,4 | 4,6  |
|          | BDX17324  | 0,3 ± 0,1 | 5,7 ± 0,1                      | 25,8 ± 0,3       | 0,5 ± 0,1        | 0,5 ± 0,1 | 0,4 ± 0,1                      | 1,2 ± 0,1 | nd         | 65,4 ± 0,3 | 4,5  |
|          | BDX17325  | 0,4 ± 0,1 | 6,1 ± 0,4                      | 28,5 ± 0,7       | 0,7 ± 0,1        | 0,6 ± 0,2 | 0,6 ± 0,1                      | 1,4 ± 0,2 | nd         | 61,6 ± 0,5 | 4,7  |
|          | BDX17326  | 0,4 ± 0,1 | 6,4 ± 0,2                      | 29,4 ± 0,7       | 0,7 ± 0,1        | 0,9 ± 0,2 | 0,5 ± 0,1                      | 1,1 ± 0,1 | nd         | 60,6 ± 0,6 | 4,6  |
| 4        | BDX16618  | 0,5 ± 0,1 | 5,6 ± 0,2                      | 28,5 ± 0,7       | 0,8 ± 0,1        | 1,1 ± 0,1 | 0,5 ± 0,1                      | 1,9 ± 0,2 | 0,6 ± 0,1  | 60,4 ± 0,9 | 5,1  |
|          | BDX16619  | 0,6 ± 0,1 | 8,2 ± 0,3                      | 38,8 ± 0,9       | 1,1 ± 0,1        | 1,2 ± 0,2 | 0,6 ± 0,1                      | 1,3 ± 0,3 | 0,5 ± 0,1  | 47,3 ± 1,5 | 4,7  |
|          | BDX16621  | 0,3 ± 0,1 | 4,6 ± 0,2                      | 33,7 ± 0,5       | 1,1 ± 0,1        | 0,7 ± 0,1 | 0,4 ± 0,1                      | 1,3 ± 0,3 | 0,6 ± 0,2  | 56,9 ± 0,7 | 7,3  |

Tableau 3 : Composition chimique des glaçures obtenues par MEB-EDS. Les teneurs en Na<sub>2</sub>O sont inférieures à 0,3 % (nd : non détecté).

Table 3: Chemical composition of glazes obtained with SEM-EDS. The contents of Na<sub>2</sub>O is less than 0.3% (nd: not detected).

ne sont pas homogènes. La composition chimique de la glaçure des BDX16618 et BDX 16619 s'apparente à celle des carreaux du motif 3. Celle du BDX16621 se place plutôt à l'interface des motifs 1 et 2 (fig. 9).

## 6. DISCUSSION

L'étude d'un ensemble de 23 fragments de carreaux représentatifs des motifs les plus abondants sur le pôle de la maison 1 de Berg Armo a permis d'appréhender la nature des matières premières employées.

En ce qui concerne les terres cuites, les sédiments argileux utilisés pour la fabrication du corpus étudié sont typiques d'une arène, caractérisée notamment par une distribution granulométrique continue. La présence de lithoclastes issus de roches des massifs vosgiens en particulier de la série de Sainte-Marie-aux-Mines, permet sans hésitation d'attribuer l'ensemble des carreaux analysés à une origine locale (Von Eller *et al.*, 1975). Les matières premières employées pour les carreaux des motifs 2 et 3 présentent peu de différence sur le plan pétrographique. En revanche les différences observées en pétrographie entre les terres cuites des motifs permettent de dire que le sédiment utilisé pour le motif 1 n'a pas la même source, sans toutefois pouvoir en préciser la localisation. Par ailleurs, l'analyse chimique a permis en plus de discriminer les carreaux associés au motif 2 de ceux du motif 3. Le groupe 2 présente des teneurs plus élevées en sodium et calcium ce qui est cohérent avec l'importance

des feldspaths plagioclases mentionnés dans ce groupe. Les échantillons du motif 3 présentent des teneurs plus élevées en potassium, liées probablement à la présence en forte proportion de muscovite. Les concentrations moyennes en pourcentage massique en  $K_2O$  pour les motifs 1 à 3 sont respectivement  $3,0 \pm 0,1$ ;  $2,8 \pm 0,3$  et  $3,6 \pm 0,3$ . Bien que les matières premières employées pour les carreaux des motifs 2 et 3 se distinguent chimiquement, il n'y a pas d'indices pétrographiques d'une préparation différente de pâtes, puisque la distribution granulométrique est la même dans ces deux groupes.

La couleur orange des terres cuites est liée aux teneurs faibles en calcium et la présence du fer (3,1 à 6,4 % en  $Fe_2O_3$ ) et suggère une cuisson en atmosphère oxydante. Les échantillons du motif 1 présentent des teneurs en  $Fe_2O_3$  légèrement supérieures aux autres motifs (tableau 1). Cette augmentation n'est pas à relier à la présence d'oxydes de fer, mais plus probablement aux fragments de roches ou à l'argile elle-même. Les trois échantillons associés au motif 4 sont hétérogènes; en effet, le couplage des données chimiques et minéralogiques tend à rapprocher la terre cuite des deux fragments de la variante du motif 4 (BDX16618 et BDX16619) à celle du motif 1. En revanche les matières premières argileuses employées pour la fabrication de l'exemplaire BDX16621 sont similaires à celles du motif 2.

Tous les engobes observés sont de nature différente de l'argile de la pâte. Ils sont plus clairs (gris à blanc) et contiennent des inclusions de dimension homogène. Les différences minéralogiques constatées entre les terres cuites et

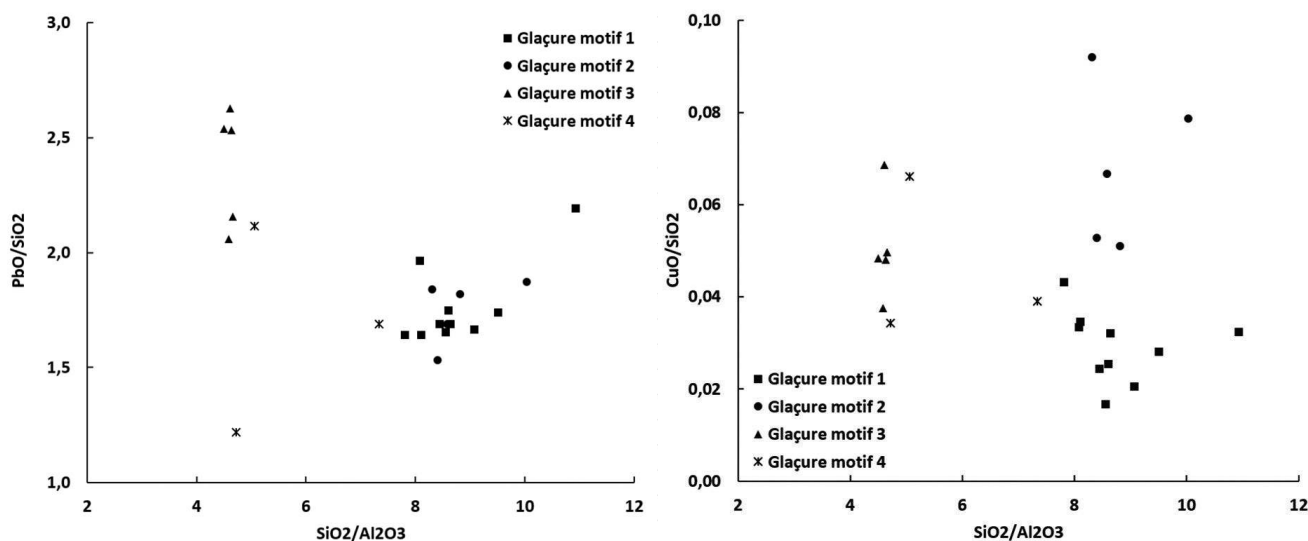


Figure 9 : Variation des rapports  $PbO/SiO_2$  et  $CuO/SiO_2$  en fonction du  $SiO_2/Al_2O_3$  au niveau des glaçures.

Figure 9: Change in the ratio  $PbO/SiO_2$  and  $CuO/SiO_2$  vs.  $SiO_2/Al_2O_3$  in glazes.

les engobes écartent l'hypothèse que les engobes ont pu être réalisés à partir des mêmes sédiments argileux après tamisage ou décantation. L'analyse chimique confirme cette différence entre les engobes et les supports céramiques (tableau 2), notamment par des teneurs plus faibles en fer (inf. à 2 % en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) et en potassium (1,7 à 2,7 % en  $\text{K}_2\text{O}$  pour les engobes et 2,5 à 4,0 % pour les pâtes). Bien que tous les carreaux analysés présentent une composition chimique des engobes équivalente, l'étude pétrographique a montré que l'engobe associé aux motifs 1 et 2 est de nature différente de celui du motif 3. La différence granulométrique de l'engobe de ce dernier pourrait être le résultat d'une préparation moins soignée de la matière première. Rappelons que l'engobe des carreaux du motif 4 n'a pas pu être analysé en pétrographie.

L'application de l'engobe sur la terre cuite constitue un élément important dans la chaîne opératoire. Par sa nature (faiblement coloré), il masque la couleur orange de la terre cuite et par sa teneur plus faible en fer réduit la diffusion de ce chromogène vers la glaçure au moment de la cuisson, permettant ainsi l'obtention des tons verts recherchés. On constate pour les engobes, comme pour la glaçure, une variabilité de l'épaisseur qui serait associée à un manque de régularité dans la mise en œuvre. Aucune relation n'a été identifiée entre l'épaisseur de l'engobe et celle de la glaçure.

En ce qui concerne la glaçure, fortement plombifère, sa couleur est liée essentiellement à la présence de l'ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Trois recettes peuvent être distinguées, correspondant aux motifs 1, 2 et 3.

Les motifs 1 et 2 présentent quelques similitudes ; en effet, on note l'emploi de la même matière première pour l'engobe et l'ajout de teneur différente de cuivre au niveau de la glaçure. En revanche, les matières argileuses employées pour la fabrication de la pâte sont différentes. Quant au motif 3, il se distingue des précédents motifs par la composition des matières premières du support et des décors. Ainsi, on peut considérer que pour les carreaux les plus représentatifs (motifs 1 à 3), nous sommes en présence de trois productions différentes.

En revanche les carreaux aux motifs de chevrons, éventails et rinceaux (motif 4) ne forment pas un groupe homogène. Les deux échantillons analysés de la forme standard du motif présentent des similitudes en terme de terre cuite avec le motif 1 et en terme de glaçure avec le motif 3. Ils se différencient de l'échantillon associé à la variante (BDX16621). Ainsi, nous constatons comme dans le cas des motifs 2 et 3, l'un étant considéré typologiquement comme une variante de l'autre, que des motifs proches stylistiquement ne sont pas le fruit d'une même production. Le nombre limité des fragments associés au motif 4

(trois) nous conduit à rester prudent dans l'interprétation des résultats des analyses.

On peut donc émettre l'hypothèse d'un poêle constitué de carreaux provenant d'ateliers différents ou plus probablement de carreaux ayant été fabriqués par un même atelier mais à des moments différents et donc avec des pâtes et des glaçures différentes. Cet atelier a donc pu changer son approvisionnement en matière première avant de refaire une nouvelle série de carreaux portant un nouveau motif.

## 7. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude d'un lot de céramique appartenant au même poêle a permis de mettre en évidence l'aspect local de cette production et des recettes de fabrication différentes pour les principaux motifs identifiés. Il s'avère qu'au moins quatre sédiments argileux ont pu être utilisés pour fabriquer les carreaux de poêle étudiés sur ce site : trois pour les supports et un pour l'engobe. Ces premières données archéométriques sur des carreaux de poêle de la maison 1 de Berg Armo vont dans le sens de l'hypothèse de production de carreaux dans des ateliers différents ou plus certainement dans un même atelier mais avec des argiles provenant d'autres approvisionnements. En effet, étant donné qu'un nombre important de motifs est endémique du Val d'Argent, un potier itinérant ou extérieur à la vallée est à exclure. De plus, les archives permettent d'identifier un atelier dans la vallée. En effet, Guillaume-Huot Marchand fait référence dans son ouvrage (Huot-Marchand, 2006) à un potier/poëlier (les deux métiers étant habituellement exercés par le même artisan) de Sainte-Marie-aux-Mines qui au XVI<sup>e</sup> siècle livre un château dans les Vosges toutes proches. Cette datation coïncide avec nos carreaux et le même atelier livre peut-être les sites miniers. Des fouilles de ce château et des analyses sur le mobilier découvert nous permettraient peut-être d'étoffer notre propos.

Une autre explication serait, étant donné qu'il s'agit d'un ensemble clos provenant d'un seul poêle, que ces différences de recettes de fabrication correspondent à des réparations successives. Les carreaux ont globalement les mêmes modules, aux alentours de 16 cm de côté pour les carreaux plats et de 13 cm pour les carreaux-bols. L'utilisation quotidienne du poêle amène l'usure des carreaux qui sont donc remplacés ; les plus proches du foyer étant ceux qui s'abîment le plus rapidement.

L'analyse de motifs similaires sur d'autres sites miniers de la vallée de Sainte-Marie-aux-Mines permettrait d'explorer ces hypothèses. Par ailleurs, des analyses isotopiques du plomb, voir des éléments traces, au niveau des glaçures

permettraient éventuellement de confirmer l'hypothèse de l'utilisation de la galène (PbS) présente localement dans le contexte minier dans la fabrication des glaçures.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Conseil Départemental du Bas-Rhin, l'ASEPAM (Association spéléologique pour l'étude et la protection des anciennes mines) et le LabEx Sciences archéologiques de Bordeaux, programme financé par l'ANR – n° ANR-10-LABX-52.

### Bibliographie

- Ben Amara, A., Schvoerer, M., Daoulatli, A., Rammah, M., 2001. « Jaune de Raqqada » et autres couleurs de céramiques glaçurées aghlabides de Tunisie (IX<sup>e</sup>-X<sup>e</sup> siècles). *ArcheoSciences*, 25 : 179-186.
- Bohly, B., Fluck, P., 2000. La céramique de poêle dans les habitats miniers des Vosges. In A. Richard, J.-J. Schwien (ed.), *Archéologie du poêle en céramique du haut Moyen Âge à l'époque moderne : technologie, décors, aspects culturels*. Actes de la table ronde de Montbéliard, Musée des ducs de Wurtemberg, 23-24 mars 1995. 15<sup>e</sup> supplément à la Revue archéologique de l'Est, Dijon, 59-72.
- Fluck, P., Gauthier, J., Bohly, B., 2013. Mines et métallurgie des non-ferreux en Alsace du haut Moyen Âge au xv<sup>e</sup> siècle (Altenberg/Sainte-Marie-aux-Mines, Steinbach). Rapport du Projet Collectif de Recherche, p. 108.
- Emery, L., 2012, Approches archéométriques des productions faïencières françaises du xviii<sup>e</sup> siècle – Le cas de la manufacture Babut à Bergerac (env. 1740-1789). Thèse de doctorat, Université Bordeaux 3, France, 112-116.
- Huot-Marchand, G., 2006. *La céramique de poêle en Lorraine, au Moyen Âge et au début de l'époque moderne*, Haroué, G. Louis, 228 p.
- Janke, D.-M., Stern, W.B., Galletti, G., 1991. Mittelalterliche Ofenkacheln – chemische und mineralogische Untersuchungen, *Methoden und Perspektiven der Archäologie des Mittelalters*. Tagungsberichte zum interdisziplinären Kolloquium vom 27-30 September 1989 Tauber, Jürg [Publ.] - Liestal (Schweiz), 177-185.
- Maire, J., Schwien, J.-J., 2000. Le poêle en terre médiéval : réflexion sur sa structure et ses qualités calorifiques, In A. Richard, J.-J. Schwien (ed.), *Archéologie du poêle en céramique du haut Moyen Âge à l'époque moderne : technologie, décors, aspects culturels*. Actes de la table ronde de Montbéliard, Musée des ducs de Wurtemberg, 23-24 mars 1995. 15<sup>e</sup> supplément à la Revue archéologique de l'Est, Dijon, 145-174.
- Minne, J.-P., 1977. *La céramique de poêle de l'Alsace médiévale*. Publitalot, Strasbourg.
- Minne, J.-P., 1991. La céramique de poêle en France. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, France.
- Schnitzler, B., 1990. *Vivre au Moyen Âge : 30 ans d'archéologie médiévale en Alsace*. Musées de Strasbourg, Strasbourg.
- Stelzle-Hüglin, S., 1999. Von Kacheln und Öfen. Untersuchungen zum Ursprung des Kachelofens und zu seiner Entwicklung vom 11.-19. Jahrhundert anhand archäologischer Funde aus Freiburg im Breisgau. Thèse de doctorat, Fribourg-en-Brisgau, Allemagne.
- Tite, M.S., Freestone, I., Mason, R., Molera, J., Vendrell-Saz, M., Wood, N., 1998, Lead glazes in antiquity – Methods of production and reasons for use, *Archaeometry*, 40, 2: 241-260.
- Von Eller, J.-P., Ménillet, F., Juteau, Th., Hollinger, J., Cloots, A.-R., Rolland, A., Tricard, J., Guillaume, C., Billoret, R., Fluck, P., Maïaux, C., 1975. Notice explicative de la feuille de Saint-Die (1/50 000), n° 306, BRGM, Sev. Géol. Nat.



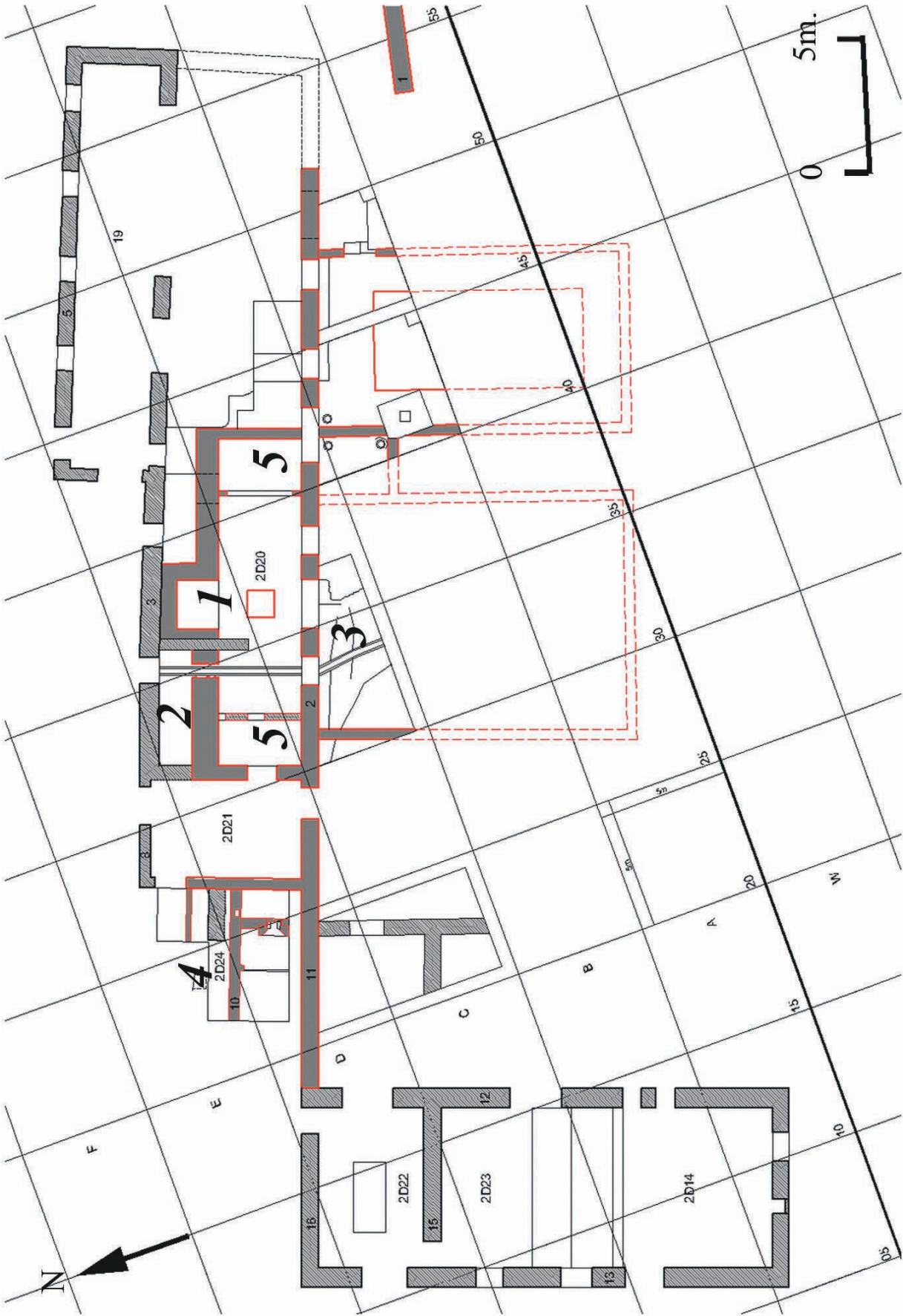


Figure 1 : Agnès Charpentier *et al.*, Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie)... (p. 265)

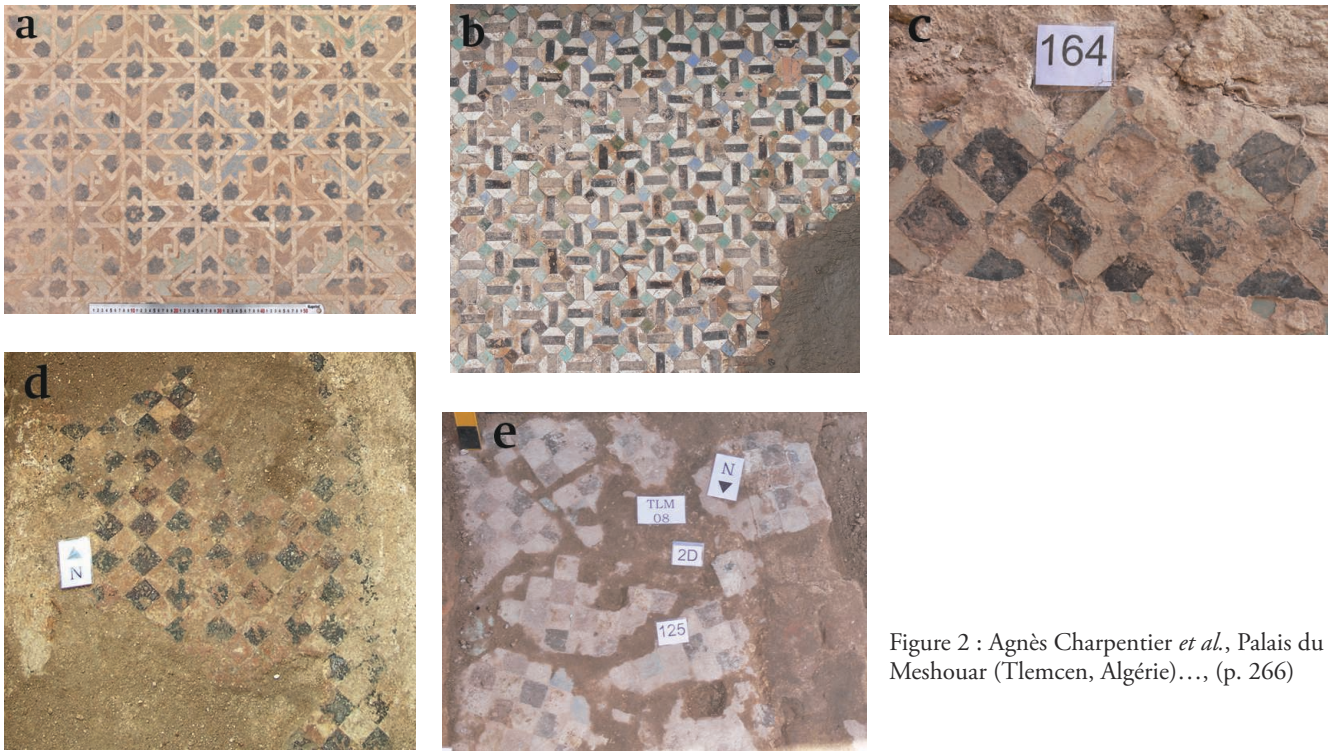


Figure 2 : Agnès Charpentier *et al.*, Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie)..., (p. 266)

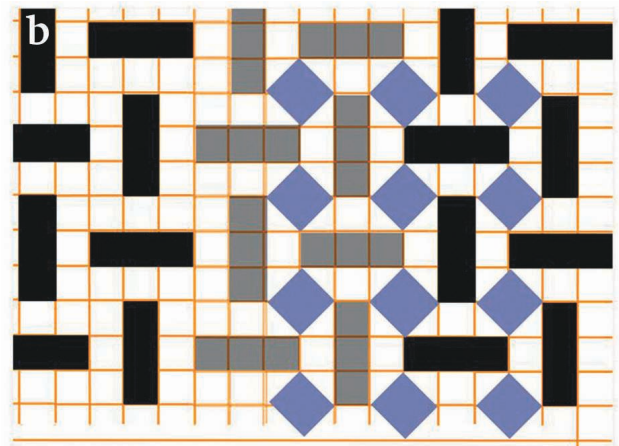
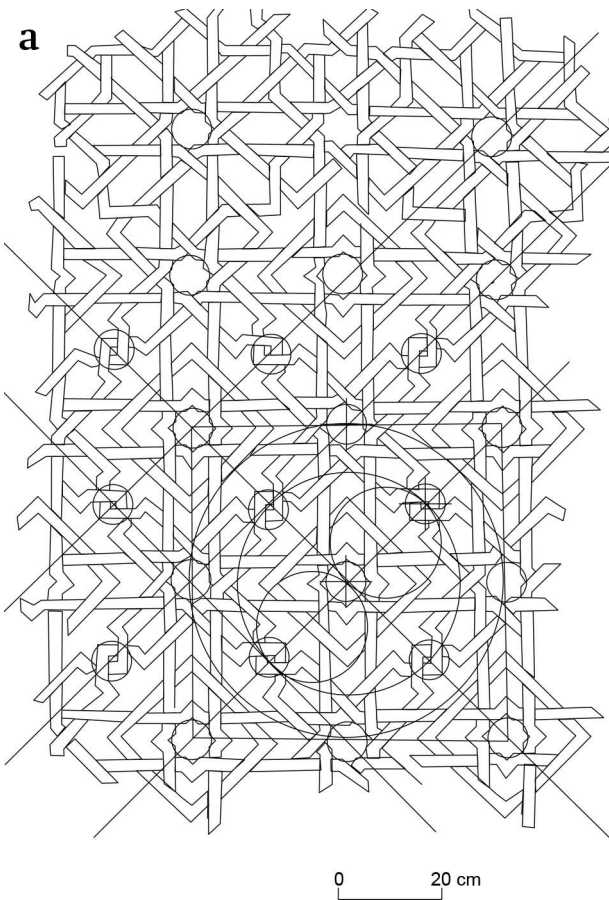


Figure 3 : Agnès Charpentier *et al.*, Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie)..., (p. 267)



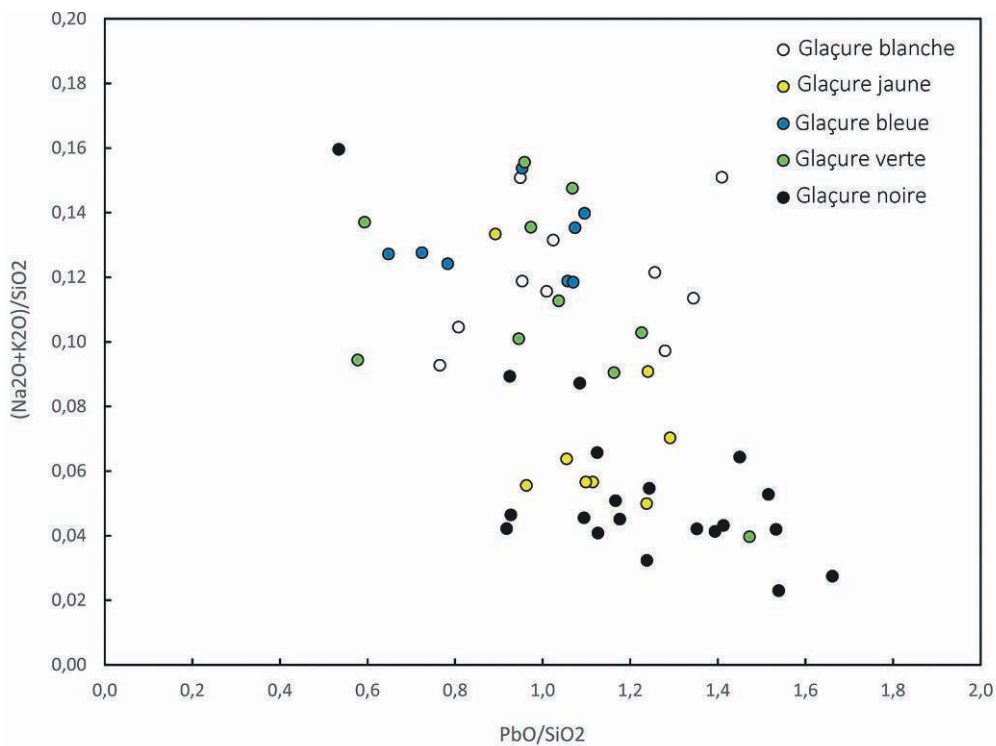


Figure 6 : Agnès Charpentier *et al.*, Palais du Meshouar (Tlemcen, Algérie)..., (p. 271)

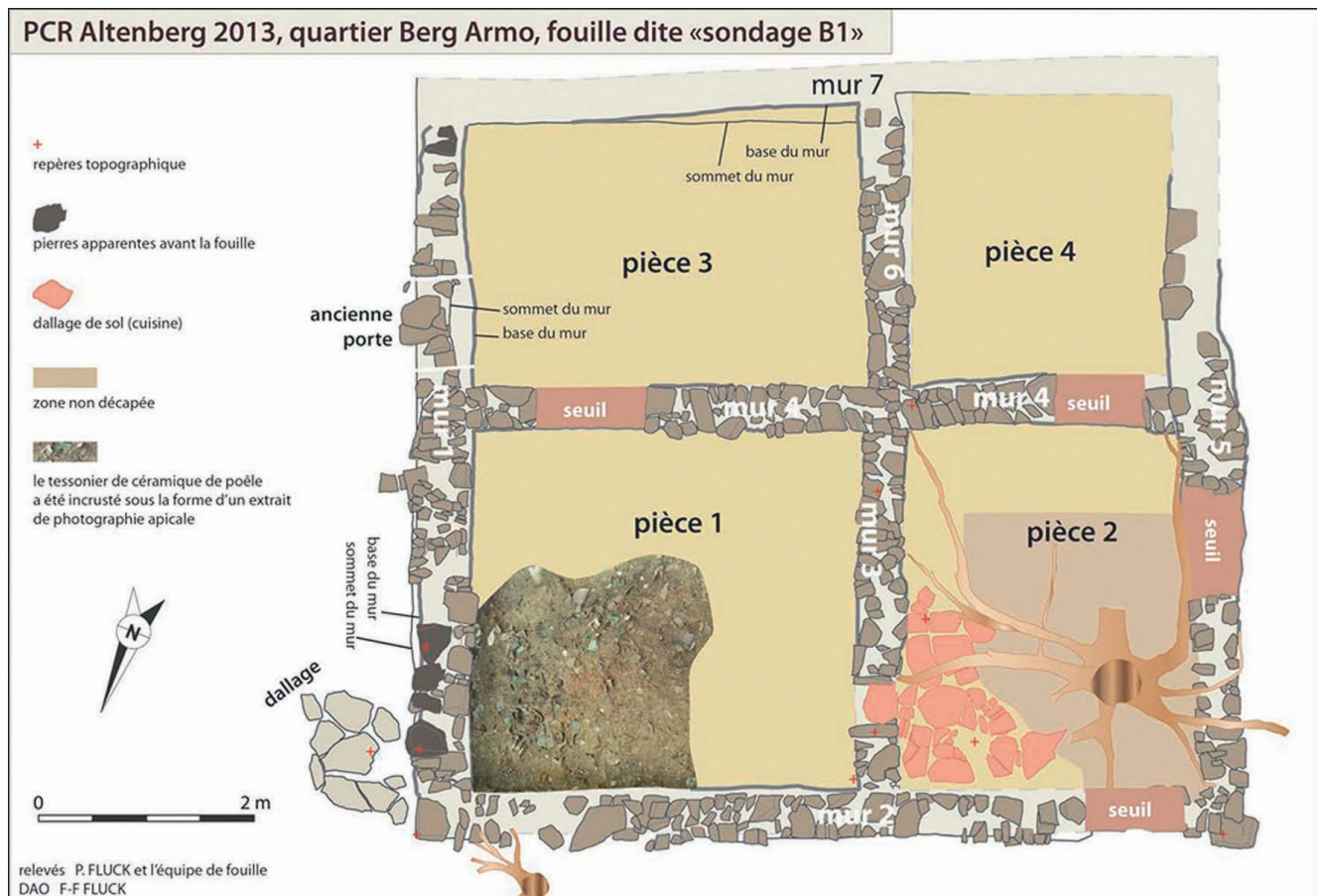


Figure 2 : Delphine BAUER *et al.*, La céramique de poêle du site Berg Armo (xvi<sup>e</sup> siècle, Sainte-Marie-aux-Mines, France)..., (p. 275)