# Chapitre 12

# La circulation des savoir-faire techniques des céramiques

Yoanna Léon
SIS2M/NIMBE UMR3299 CNRS, CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, France

## 12.1 Introduction

La céramique fait l'objet d'investigations en laboratoire depuis de longues années ; en témoignent les nombreux travaux publiés dans les différentes revues d'archéométrie et même d'archéologie dès leur apparition [1]. Cette « révolution » de l'archéologie comme la nommait la célèbre céramologue anglaise Anna O. Shepard, a permis des progrès considérables dans le domaine de la datation (archéomagnétisme, thermoluminescence) mais aussi de la caractérisation. Un grand nombre de ces études reposent sur l'analyse chimique et pétrographique de la pâte (le corps de l'objet céramique) afin d'identifier par exemple l'atelier d'origine des céramiques commercialisées (retrouvées sur les sites de consommation) et ainsi de définir les aires et les flux de diffusion des productions [1,2]. Voir également à ce propos le chapitre 10 de cet ouvrage : « Études de provenance de céramiques ». Les études de provenance en laboratoire, couplées aux données typologiques (formes, décors, signatures) sont les principaux instruments de ces recherches archéométriques : elles peuvent apporter des indications précieuses sur la circulation des objets céramiques et l'évolution des territoires économiques [3], si l'on dispose au préalable d'un échantillonnage suffisamment conséquent et représentatif de chaque production (et atelier), et si les critères typologiques et géochimiques sont suffisamment pertinents, ce qui n'est pas toujours le cas [4]. L'idéal est de pouvoir obtenir différentes données (qualitatives et quantitatives) établies selon un maximum de critères indépendants (archéologiques, typologiques, géochimiques et technologiques), et ce, pour chaque individu d'un corpus suffisamment important. Il n'y a évidemment pas de règles générales, et les questions comme la démarche à suivre varient forcément en fonction du cas considéré (type de production, contexte archéologique, documentation), cependant il est clair que plus le nombre de critères utilisés est important,

1. « Archaeometry » depuis 1958, « ArchéoSciences » depuis 1977 ou encore « Journal of Archaeological Science » depuis 1974.

plus notre interprétation sera fiable et plus l'on pourra dégager d'informations pertinentes sur les réseaux de circulation des objets, des savoir-faire, et plus largement sur l'organisation de cet artisanat.

L'aspect « technologique » de l'artisanat céramique, de plus en plus abordé, n'est cependant pas toujours pris en compte dans notre compréhension globale de ces systèmes de productions. Ces études des techniques qui nécessitent des outils analytiques de laboratoire « plus pointus » sont, pour beaucoup, développées d'un point de vue des « sciences des matériaux » en mettant l'accent sur les surfaces décoratives qui caractérisent un grand nombre de productions antiques et médiévales [5,6]. Ces recherches apportent un grand nombre d'informations sur les étapes cruciales de la fabrication (traitements de surface, cuisson) et sur le degré de maîtrise des artisans face aux procédés employés. Elles sont cependant encore relativement éparses et souvent réalisées sur seulement quelques objets « exceptionnels » dont le contexte n'est pas toujours très bien connu (collections de musée) et qui ne sont donc pas forcément représentatifs de l'artisanat céramique local. Ce type d'approche qui est très complémentaire à la précédente ne nous apporte cependant que peu d'informations sur l'organisation de l'artisanat et sur la façon dont ces procédés se sont diffusés (phase d'adaptation, déplacements de spécialistes).

Aujourd'hui, en partie grâce à l'accessibilité de techniques d'analyses plus adaptées à l'étude des procédés, cette approche des techniques peut s'étendre à différents types de contextes : plus seulement à des séries d'objets « de musée » techniquement « remarquables », mais également à des corpus régionaux plus importants, mieux documentés et représentatifs des différentes productions qui caractérisent un territoire. La céramique peut ainsi être abordée selon des critères à la fois chronologiques, morphologiques, géochimiques et technologiques à l'échelle d'une production dans son ensemble, d'un atelier et plus largement d'une société. Cette approche multiple de l'artisanat céramique nous permet d'appréhender plus précisément les questions relatives à la circulation des objets, à la diffusion des savoir-faire, et à l'organisation des systèmes de productions céramiques, et ainsi de répondre à ces questions essentielles : où, quand, comment, par qui, pourquoi et pour qui ? [7].

## 12.2 L'étude des savoir-faire : un support privilégié pour suivre les réseaux d'échange et d'influence

### 12.2.1 Circulation des objets : origine et réseaux de diffusion

Les études dites de « provenance » reposent sur le principe que les objets issus d'une même production ont des caractéristiques géochimiques similaires, qui peuvent être distinguées de celles d'autres productions. De la même façon, ils peuvent présenter des traces ou des marqueurs caractéristiques d'un certain savoir-faire qui lui-même peut-être la spécificité d'un atelier ou plus largement d'artisans issus de la même « école ». Ces spécificités technologiques peuvent être considérées comme des marqueurs de provenance, à partir du moment où l'on a pu au préalable les associer de

façon catégorique à une production ou un atelier en particulier [2] : dans ce cas seulement, il sera possible par la suite d'attribuer, sur ce critère, un objet à une production prédéfinie et si cette production est localisée, d'en identifier l'origine.

Dans certains cas, l'insuffisance ou la non pertinence des différents critères typologiques, iconographiques [3] et géochimiques [4] ne permettent pas de différencier des productions de même type entre elles. Dans ce schéma, les variables technologiques peuvent être le seul critère discriminant, en particulier dans le cas des productions décorées qui ont subi des traitements de surfaces et ont donc fait appel à des procédés plus complexes, susceptibles de présenter plus de variabilités caractéristiques du savoir-faire d'un groupe d'artisans [4]. C'est souvent le cas des collections de musée dont le contexte archéologique n'est pas toujours connu.

Même si dans la plupart des cas, les marqueurs technologiques ne peuvent constituer à eux seuls une variable discriminante, ils peuvent toutefois être considérés comme un critère déterminant supplémentaire, au même titre que les données typologiques et géochimiques [8,9]. Il est toujours difficile d'attribuer avec certitude un objet à une série connue, et la combinaison d'un maximum de critères est la seule façon de tendre vers une attribution fiable et donc vers une meilleure connaissance des réseaux de distribution.

### 12.2.2 Circulation des savoir-faire : réseaux d'influence

Comme le précisait J.P. Morel, il faut bien différencier la diffusion des productions céramiques par le commerce, de la diffusion des savoir-faire et leur prolifération donc par d'autres voies telles que les traditions ethniques, l'imitation ou la contrefaçon, les migrations ou les transferts d'artisans et la création de succursales [10].

Par exemple pour la période gallo-romaine, sur le plan des échanges commerciaux, de nombreuses données ont pu être dégagées et les réseaux plus ou moins caractérisés grâce aux productions céramiques (campaniennes, sigillées) et le fait qu'elles soient, pour la plupart, relativement standardisées (parfois signées) et largement commercialisées (découverte d'épaves et de cargaisons entières bien datées). En revanche en ce qui concerne les processus de transfert des savoir-faire et l'organisation des systèmes de production, les sources d'informations et les données sont manquantes et de nombreuses questions restent ouvertes au débat. En effet, sauf dans de rares cas où des moules et des outils fabriqués dans un atelier sont retrouvés dans un autre [11], il est difficile de caractériser ces transferts des techniques et les réseaux d'influence, sans aborder les productions d'un point de vue technologique. Cette approche apporte des informations précieuses que d'autres critères (formes, décors, aspect visuel) ne nous permettent pas d'obtenir, d'autant que les procédés mis en œuvre sont souvent caractéristiques d'un atelier, de son histoire et du contexte qui l'entoure. Même lorsqu'une production est mise en place pour en imiter une autre, les procédés adoptés peuvent varier et résulter de différentes influences techniques (héritage, apport ou innovation) qui sont typiques d'une société à un moment de son développement.

2. Sur la base de marqueurs technologiques caractéristiques que d'autres productions de même type ne présentent pas.

3. Peu d'évolution dans le temps et dans l'espace.

4. Caractéristiques similaires.

Pour des productions bien documentées (archéologiquement et typologiquement parlant) comme les productions gallo-romaines dont on connait, pour la plupart, l'origine précise [5], les données technologiques vont nous permettre d'aller beaucoup plus loin dans notre interprétation : l'analyse fine et complète d'un corpus d'objets (de fragments) conséquent et représentatif de la production céramique considérée, va permettre d'établir pour celle-ci une typologie exhaustive, basée sur l'ensemble des critères évoqués plus haut (chronologiques, morphologiques, géochimiques, technologiques...). À partir de l'étude synthétique de cette chrono-typologie et la comparaison des différents fragments selon chaque critère, il sera possible de définir les caractéristiques qui sont propres à cette production (formes, nature et origine des matériaux constitutifs, chaîne opératoire adoptée par l'atelier), mais également d'en apprécier les variabilités : en effet, les variations mesurées entre les différents échantillons analysés et donc le degré d'homogénéité de la production selon ces différents critères, peuvent permettre d'identifier les stratégies d'exploitation des ressources mises en œuvre au sein de l'atelier, d'évaluer le contrôle et la maîtrise des artisans face à ce type de procédés ainsi que le niveau d'organisation de l'atelier : des normes strictes sont imposées lors du choix des matériaux et tout au long des différentes étapes de la fabrication ou au contraire une certaine liberté est accordée aux artisans ? En étudiant ces variabilités, on peut également suivre les évolutions (morphologiques, géochimiques et technologiques) au sein de la production dans le temps et dans l'espace. Par la suite, en synthétisant l'ensemble des chrono-typologies établies et donc en comparant, pour une période et un territoire donné, les différentes caractéristiques et variabilités de chaque production, on peut évaluer plus précisément le niveau de compétence des artisans suivant l'atelier considéré, leur degré de maîtrise face à certains procédés et parallèlement les critères de normalisation utilisés entre les producteurs, les importateurs (ou négociants) et les utilisateurs ainsi que l'origine de ces différents acteurs de l'artisanat (par qui ? et pour qui ?). En comparant les différentes productions caractérisées, fabriquées localement et importées, et en suivant ainsi l'évolution des ateliers dans le temps, il devient possible de déterminer, à travers les différentes étapes de la fabrication, l'origine des savoir-faire : s'il s'agit de procédés indigènes traditionnellement conservés par les artisans, d'adaptations, d'innovations techniques ou encore de procédés importés.

À travers ce type d'étude, il est ainsi possible de pister les axes de diffusion des procédés, de définir les limites des zones d'influence mais aussi d'évaluer plus précisément l'impact des différents courants économiques et culturels sur l'artisanat céramique et plus généralement sur une société à un moment de son développement [7].

Comme on l'a vu, plus on dispose de données contextuelles et typologiques sur l'objet et sa production au départ, plus la caractérisation de ses différents constituants permettra de dégager des informations pertinentes sur l'organisation de l'artisanat et le contexte socio-économique qui l'entoure. Mais par la suite, ces contextes et ces productions mieux connus, peuvent servir de base de recherche pour aider à appréhender l'étude des objets pour lesquels on ne dispose pas du même degré d'informations et où les données, ne serait-ce que contextuelles, sont manquantes. Dans ce cas, même si l'échantillonnage est moins aisé et basé sur des critères surtout visuels, la caracté-

5. puisque la plupart des ateliers ont été localisés et étudiés.

risation des matériaux présente un autre intérêt puisqu'elle va permettre de dégager des caractéristiques technologiques qui aideront à déterminer la provenance de l'objet et à en préciser son contexte, améliorant ainsi nos connaissances des réseaux de commercialisation.

## 12.3 Étude des savoir-faire céramiques

L'un des premiers à s'être intéressé de près aux caractéristiques techniques des céramiques archéologiques fut sans doute Alexandre Brongniart qui consacra toute sa vie à cet artisanat et publia en 1842 son célèbre « Traité des arts céramiques » [12]. Mais ce n'est que dans les années 60, avec l'avènement des analyses de laboratoire, que ces études ont vraiment progressé. Ces recherches furent en particulier marquées par les travaux de David P.S. Peacock [13] et Maurice Picon [1] qui fonda le laboratoire de céramologie de Lyon dans les années 1970. Parallèlement au développement de l'ethnoarchéologie et de l'archéologie expérimentale, les céramologues ont, quelques années plus tard, commencé à identifier au sein des pâtes des marqueurs technologiques caractéristiques notamment des températures de cuisson.

### 12.3.1 Démarche

#### *12.3.1.1 Approche multiple de l'artisanat céramique*

On ne dispose évidemment pas du même niveau de compréhension ni du même recul pour tous les contextes et productions abordés : certaines productions peuvent ne pas être identifiées, les ateliers non localisés ou encore le volume d'analyses dont on dispose peut ne pas être encore suffisant pour mesurer les aires de diffusions ou même les variabilités typologiques d'une production. La stratégie d'étude adoptée doit forcément être adaptée au contexte et va donc varier en fonction de ce degré de connaissance (notamment au niveau de l'échantillonnage), mais de façon générale et dans l'idéal l'artisanat céramique est abordé selon une approche multiscalaire, à l'échelle de l'objet, à travers une lecture exhaustive de ces différents critères typologiques, contextuels, géochimiques et technologiques, mais aussi à l'échelle de la production et de l'atelier, puis plus largement à l'échelle d'un territoire et d'une société. L'objectif *in fine* est de mettre en place des chrono-typologies territoriales, basées aussi bien sur les formes, les décors et les données contextuelles que sur les caractéristiques technologiques de l'objet céramique et de ces différents constituants (pâte et surface décorative).

#### *12.3.1.2 Approche technologique*

L'étude des savoir-faire consiste en particulier à identifier au sein de l'objet des traces et/ou des marqueurs caractéristiques d'un procédé lors d'une étape de la fabrication (préparation de l'argile, mise en forme, cuisson). Il peut s'agir de traces macroscopiques directement liées à l'utilisation d'outils particuliers [8] (figure 12.1), mais dans la plupart des cas il s'agit de marqueurs physico-chimiques qui dépendent directement du degré de transformation du matériau argileux et de la façon dont il s'est transformé en fonction des conditions de préparation et de cuisson. L'identification de ce type de marqueurs (quand ils existent) nécessite des instruments et techniques de caractérisation pointus [5] qui limitaient grandement, il y a quelques années, l'étude d'un

corpus trop important d'échantillons. Aujourd'hui, grâce à la plus grande accessibilité de ces outils de caractérisation, ainsi que le développement de nouvelles méthodologies plus adaptées à ce type de matériau, de nouvelles perspectives se dégagent quant à l'étude des savoir-faire céramiques et en particulier l'étude des surfaces décoratives qui concernent un grand nombre de productions antiques et médiévales.

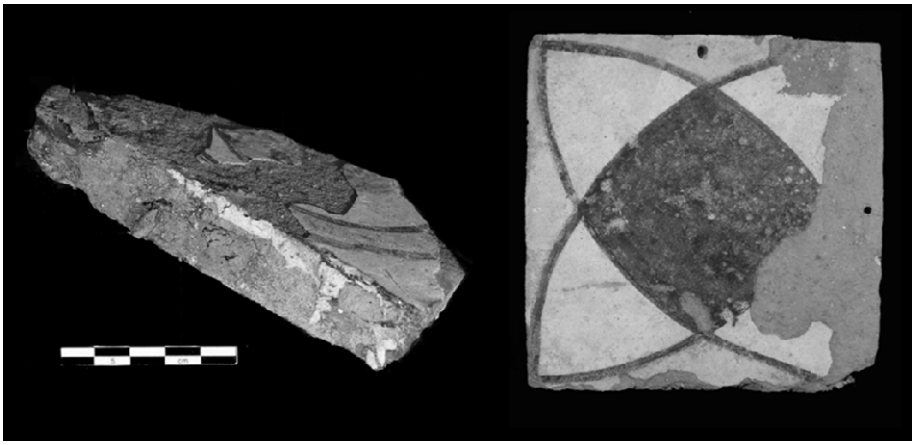


FIGURE 12.1 – Exemple de carreaux médiévaux à glaçure stannifère présentant des traces d'arrachement sur le flan, caractéristiques de la façon dont étaient disposées les pièces dans le four (un fragment d'un autre carreau est resté collé sur ce flanc) et (à droite) de petits trous de centrage sont visibles en surface : ils ont probablement été laissés par les pointes d'un outil de type gabarit utilisé pour la découpe des carreaux (Photo P. Conte, Archea).

### 12.3.2 Les différentes étapes de la fabrication

Les différentes étapes qui composent la chaîne opératoire (figure 12.2) ont été relatées dans nombre d'ouvrages dont plus récemment dans la thèse de Bertrand Bonaventure qui en retracent les grandes lignes pour les productions gallo-romaines [14].

Le choix du matériau constitue la première étape de la fabrication et le type d'argile utilisée, le premier marqueur technologique. S'ensuivent l'extraction et le travail de la matière ou différents constituants peuvent être ajoutés à la matrice argileuse (inclusions minérales ou végétales). Puis les objets étaient mis en forme par différentes techniques de montage (modelage, tournage) qui ont laissé des traces caractéristiques et constituent, pour l'étude des productions néolithiques, l'étape la plus discriminante d'un point de vue technique [15]. Dès la fin du Néolithique, on constate l'emploi de différents traitements appliqués à la surface des objets céramiques. Il peut s'agir d'un simple traitement de surface de la pâte (lissage, polissage) entraînant un aspect plus ou moins brillant [16] ou d'un véritable enduit réalisé à partir d'une préparation argileuse (engobe) ou d'un mélange glaçurant (glaçure). Ces traitements de surfaces constituent, avec la phase de cuisson, l'étape la plus délicate de la chaîne opératoire et celle qui présente également, pour la plupart des productions décorées antiques et médiévales, le plus de variabilités caractéristiques du savoir-faire de chaque communauté.

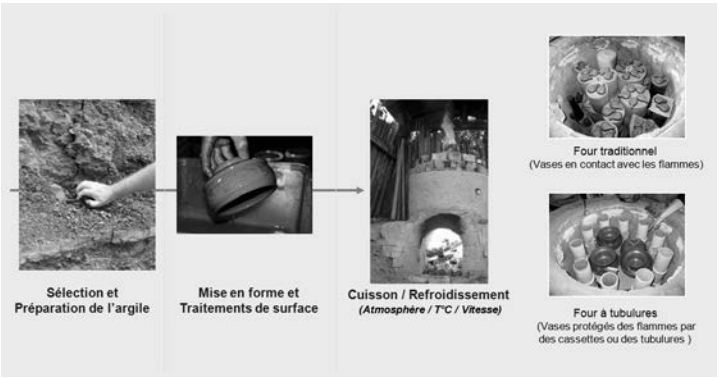



FIGURE 12.2 – Différentes étapes de la fabrication des productions gallo-romaines à engobes (Photo d'après Ph. Sciau, CEMES).

### 12.3.3 Identification de marqueurs caractéristiques des procédés de fabrication

#### *12.3.3.1 Études hors laboratoire*

Dans la plupart des cas, on ne dispose pas de beaucoup d'éléments pour aborder plus en détail les questions relatives aux procédés : sauf dans de rares cas [11], il ne reste généralement que peu de traces des établissements artisanaux et des structures de cuisson, et les découvertes d'outils utilisés par les potiers sont également relativement rares, suffisamment en tout cas, pour que d'éventuelles extrapolations d'une production à une autre, soit envisageables selon ce seul critère. L'étude des traces (la tracéologie) a donc pendant longtemps était le principal instrument de ces recherches et le sont encore pour les productions du néolithique qui n'ont pas subit pour la plupart de traitement de surface [15]. L'archéologie expérimentale et l'ethnoarchéologie peuvent s'avérer d'un grand recours pour dresser ou éliminer certaines hypothèses [17]. Les traces d'usures sont caractéristiques de l'utilisation et donc de la fonction de l'objet. Les traces liées à l'utilisation d'un tour ou à différents modes de montage peuvent constituer, quant à elles, des marqueurs déterminants pour distinguer les productions et évaluer les réseaux d'échanges entre les groupes de population [15]. Les traces d'outils sont également intéressantes, non seulement pour détailler précisément certaines étapes, mais aussi, dans certains cas, pour distinguer des productions entre elles [8] (figure 12.1). Dans le cas des céramiques non traités ou recouvertes d'un engobe (fine préparation argileuse), la couleur peut aussi constituer un critère caractéristique du type de four et du mode de cuisson utilisé [18] (figure 12.2).

#### *12.3.3.2 Études en laboratoire*

•Caractérisation multi-échelle et multi-technique du matériau :

De part sa nature même, le matériau argileux qui constitue la pâte, mais aussi l'engobe, enregistre un grand nombre d'informations au cours de la fabrication de l'objet céramique : quant à l'origine des matériaux bien sûr mais aussi sur la préparation de

la terre argileuse ou de l'enduit (décantation, ajout de défloculant, de dégraissant) et sur les conditions qui entourent les différentes étapes de la cuisson (température, atmosphère de cuisson).

La plus grande difficulté est de différencier les caractéristiques et variations imputables aux matériaux d'origines, de ceux attribuables aux procédés ou aux éventuelles altérations liées à l'utilisation ou encore aux interactions avec le milieu d'enfouissement [19].

La céramique n'est pas un matériau naturel au sens du géologue car elle peut réunir différents constituants naturels transformés par l'homme au cours de différentes étapes (préparation, façonnage, traitements de surface, cuisson, finition). Ce n'est pas non plus un matériau de synthèse au sens du chimiste ou du physicien. C'est un matériau complexe, d'où la difficulté d'en modéliser simplement le comportement chimique et la nécessité de combiner différents critères d'observations : en couplant les techniques de caractérisation d'une part, afin de pouvoir obtenir un maximum d'informations sur les différentes propriétés du matériau [6] et définir quelles influences peuvent avoir certaines modifications sur ses propriétés optiques et mécaniques, et d'autre part en étudiant l'objet céramique à différentes échelles d'observations.

Cette lecture multiple s'applique à toutes les parties de l'objet céramique, pas seulement la pâte, mais aussi la surface décorative (engobe, glaçure,...) qui caractérise un grand nombre de productions céramiques commercialisées à l'Antiquité comme au Moyen-âge, à diffusion importante mais aussi locale. Dans tous les cas, il s'agit d'identifier au sein du matériau des marqueurs technologiques caractéristiques de procédés particuliers et d'évaluer son degré de transformation au cours de chaque étape de la chaîne opératoire. Parallèlement, pour appréhender les différentes réactions menant à la formation de l'objet final et évaluer l'influence des variations chimiques et minérales et des conditions de cuisson sur la microstructure de la pâte, de la surface décorative et sur leurs propriétés (optiques, mécaniques), l'étude de la structure et du comportement en température d'échantillons expérimentaux peut être d'un grand recours.

•Étude de la pâte :

La plupart des caractéristiques géochimiques et pétrographiques de la pâte sont représentatives du matériau d'origine, cependant certaines phases minérales ou autres caractéristiques sont liées à la préparation de la matière brute par l'artisan et à la cuisson de ces objets. La présence d'une certaine hétérogénéité au sein de la pâte peut être liée à un mélange de différentes terres argileuses. Dans certains cas, la granulométrie des grains de quartz peut suggérer un tamisage du dégraissant et donc un ajout à la préparation. Qu'ils aient été naturellement présents dans la terre argileuse ou rajoutés sous une autre forme, certains minéraux comme les quartz, les oxydes de fer ou encore les zircons peuvent présenter des rapports en éléments traces, des spectres de terres rares, ou des rapports isotopiques constants et caractéristiques de leur source [20]. Ils peuvent donc également constituer des marqueurs de provenances.

6. Composition chimique, structure, texture, couleur, résistance.

La composition minérale est souvent le critère technologique le plus pertinent. Les premiers diagrammes de diffraction (rayons X) obtenus dès les premiers travaux d'archéométrie [21] ont permis d'identifier les principales phases cristallines contenues dans les pâtes (anorthite, quartz et hématite), mais il faudra attendre quelques années pour se rendre compte qu'il était possible d'en déduire des informations sur les conditions de cuisson [22,23]. Si la composition chimique n'est que faiblement affectée, la composition minérale d'une céramique évolue en effet fortement lors de la cuisson. Les minéraux argileux (kaolinite, illite), les carbonates (calcite) et certains feldspaths (albite, orthose) se décomposent lors de la montée en température, tandis que certaines phases (anorthite, hématite, wollastonite) peuvent se former.

La présence ou l'absence d'oxydes de fer comme l'hématite, la magnétite ou l'hercynite nous renseignent également sur la nature de l'atmosphère de cuisson (oxydante ou réductrice). Le comportement en température d'argiles [7] retrouvées dans divers dépotoirs lors des campagnes de fouilles réalisées à La Graufesenque a permis, par exemple, de préciser la nature et les températures de formation des phases néoformées, et d'estimer ainsi une température de cuisson moyenne des productions de sigillées.

•Étude de la surface décorative :

Même si beaucoup de productions céramiques, comme les culinaires, ne sont constituées que d'une pâte argileuse dont la surface n'a pas été traitée, suivant les époques, les cultures et les goûts, une grande variabilité de traitements, destinés à assurer l'étanchéité des récipients mais aussi à les orner, ont été appliqués par les artisans à la surface de certains types de céramique. On constate déjà l'emploi de ce type de procédés plusieurs millénaires avant notre ère [8]. Il peut s'agir d'un simple traitement de surface de la pâte (polissage, lustrage) ou d'un véritable enduit réalisé à partir d'une préparation argileuse (engobe) ou d'un mélange glaçurant (glaçure).

Ces préparations argileuses ou siliceuses sont le résultat d'une transformation généralement beaucoup plus importante du matériau d'origine que la pâte servant à façonner l'objet : d'une part lors de leur préparation qui sont souvent le fruit de longues opérations de décantation [9] mais où l'on va également pouvoir ajouter différents éléments [10] utilisés comme dégraissants, fondants [11], colorants ou opacifiants, en particulier dans le cas des glaçures plombifères et/ou stannifères. La vitrification qui caractérise la plupart de ces décors constitue la principale transformation des matériaux d'origine. Hormis dans de rares cas, il est difficile d'identifier précisément l'origine des matériaux utilisés. Cependant ces transformations sont directement liées à des procédés particuliers, à des recettes caractéristiques de certains ateliers et de certains artisans et donc plus largement de leur origine. L'étude des surfaces permet donc d'apporter un grand nombre d'informations sur l'artisanat et plus largement sur une société à un moment donné de son développement.

7. Diffraction des rayons X et dilatométrie [24].
8. Dès le IX$^{e}$ au proche Orient [19] ou encore à partir du IV$^{e}$ chez les sociétés néolithiques du nord-ouest de la Méditerranée.
9. Pertes ou concentrations de certains éléments au détriment d'autres.
10. Sables, minerais de plomb, d'étain, de cuivre, de fer...
11. Qui permettent la vitrification des vernis à plus basse température.

Ces surfaces décoratives (vernis, engobe, glaçure), ont très tôt fait l'objet d'investigations en laboratoire [25]. Beaucoup de ces premiers travaux ont été réalisés dans le but d'identifier les matières premières ayant pu être utilisées et leur origine [26], et les recherches se sont souvent limitées à des observations et analyses, à une échelle inadaptée à la granulométrie de ces surfaces. Depuis quelques années, en partie grâce à l'avènement de techniques de caractérisation plus pointues, de plus en plus de chercheurs, la plupart issus des sciences des matériaux, s'intéressent à l'objet céramique et à sa surface décorative d'un point de vue des procédés [5]. Il s'agit pour la plupart de ces études, d'identifier certaines phases de la fabrication et en particulier les variabilités de cette étape délicate qu'est la cuisson (atmosphère et température). Pour l'Antiquité et les productions engobées, on peut par exemple saluer les travaux réalisés par les équipes grecques [6], britanniques [27], italiennes [28] et celle du « Getty Museum » [29], sur les céramiques attiques à engobe noir et à figures rouges et noires, ou encore les récents travaux d'une équipe franco-américaine [30].

Pour les productions glaçurées de l'Antiquité et du moyen-âge, qui sont actuellement les plus étudiées d'un point de vue des procédés, les recherches se concentrent en particulier sur les pigments qui colorent les glaçures [31,32], les propriétés de ces surfaces [33,34] et aussi la façon dont la pâte et la glaçure interagissent à l'interface, pour identifier les processus de cuisson (sur support cru ou cuit) [35,36]. À travers ces différents travaux, de nouvelles méthodologies adaptées à l'analyse fine des surfaces céramiques, sont développées par les chercheurs.

•Les vernis argileux :

Pour les engobes (enduit argileux finement décanté), qui caractérisent la plupart des productions antiques [7], une échelle d'observation micrométrique apporte déjà beaucoup d'informations sur ces vernis puisqu'ils présentent, pour la plupart, une forte hétérogénéité à cette échelle. Le microscope électronique à balayage (MEB) permet de visualiser l'hétérogénéité chimique du vernis (figure 12.3) et de déterminer précisément sa composition (globale et ponctuelle). Même si elles nécessitent une destruction partielle de l'échantillon (prélèvement et préparation), les analyses réalisées sur la coupe du fragment permettent de s'affranchir des problèmes de contamination de surface et, à une échelle adaptée, d'isoler le signal de l'engobe de celui de la pâte. Cette technique permet également d'étudier la texture, l'hétérogénéité et l'état de vitrification des constituants argileux ainsi que l'interaction et les contraintes qui s'exercent entre la pâte et l'engobe [12].

L'analyse globale de la composition minérale du vernis peut être réalisée par diffraction des rayons X. L'obtention, sur une installation classique de laboratoire, du diffractogramme d'un engobe ne nécessite pas de préparation particulière et ne pose pas de difficulté, si ce n'est qu'il faut pouvoir disposer d'une surface plane suffisamment grande. L'épaisseur de l'engobe est en général suffisante (environ 20 $\mu$m) pour s'affranchir, en grande partie, de la contribution de la pâte [37]. La spectroscopie Raman peut également permettre d'identifier certaines phases cristallographiques et certains marqueurs caractéristiques des conditions de cuisson. Grâce aux nouvelles interfaces, il est à présent possible de réaliser des cartographies de la répartition de

12. Bonne ou mauvaise adhérence : fissures perpendiculaires ou décollement du vernis.

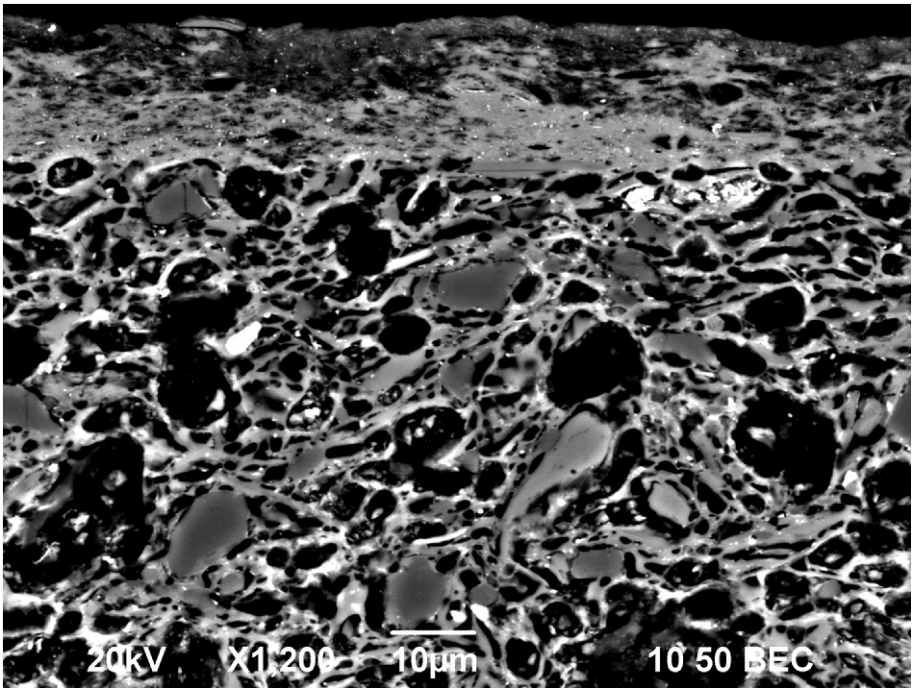



Figure 12.3 – Coupe transverse polie observée par MEB, d'un fragment de présigillée à engobe rouge non vitrifiée provenant des ateliers de La Graufesenque. L'engobe (en haut de l'image) est composé d'un mélange de deux préparations argileuses différentes superposées l'une sur l'autre (photo Y. Léon, CEMES).

ces différentes phases minérales sur la surface ou la coupe des fragments de céramique, et ainsi de pouvoir évaluer plus précisément les atmosphères de cuisson au cours de chaque étape de la cuisson (montée en température, refroidissement). Des techniques de caractérisation moins accessibles comme la spectroscopie XANES sur source synchrotron, permettent également de mettre en évidence les variations importantes que peut arborer l'atmosphère de cuisson dans un four à flamme directe, et d'évaluer la maîtrise de ces artisans face à ce type de cuisson [38].

Par exemple, dans le cas des présigillées du sud de la Gaule (Bram, Montans, La Graufesenque), cette méthodologie a permis de montrer que cette production correspondait bien à un produit fini de fabrication plus traditionnelle et non à une période d'essai en vue de produire de la « vraie » sigillée : les potiers de ces ateliers ont adapté la composition de leur engobe (mélanges d'argiles moins fusibles de type kaolinite et ajout d'hématite broyée) en fonction des fours à flammes directes, traditionnellement utilisés, dans le but d'obtenir un vernis rouge, mais n'ont jamais cherché à modifier le mode de cuisson pour fabriquer de la vraie sigillée à engobe grésé [7].

Les engobes grésés (vitrifiés) comme ceux des sigillées ou des campaniennes présentent une microstructure particulière, qui ne peut être observée et caractérisée dans son ensemble qu'à différentes échelles. À l'échelle des méthodes de caractérisation classiques

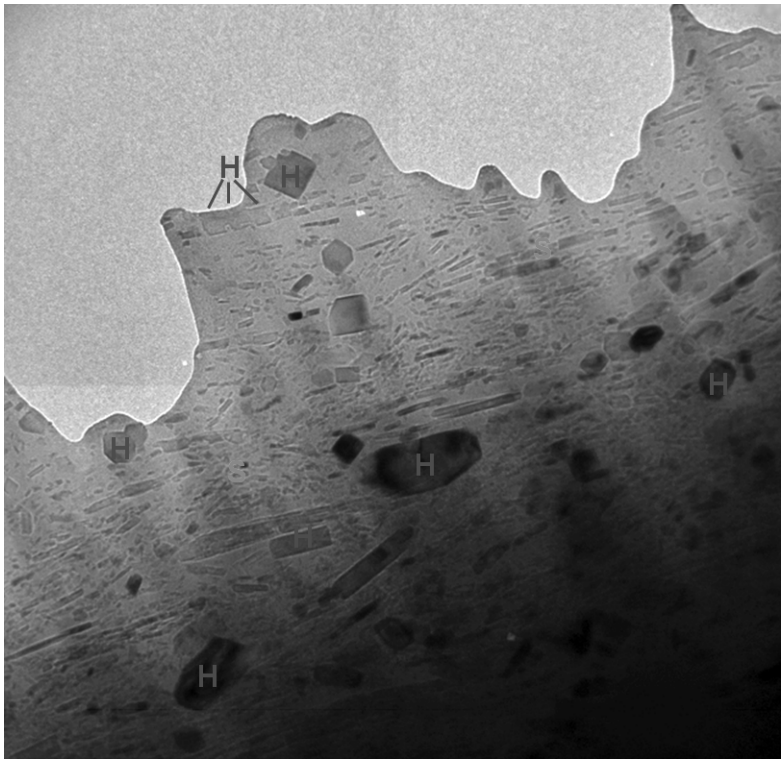



Figure 12.4 – Image en champ clair (Microscopie Électronique en Transmission) d'un engobe de sigillée italique attribué à l'atelier d'Arezzo (S : spinelle, H : hématite). Les nanocristaux de spinelles et leur répartition au sein de la matrice sont caractéristiques des engobes et des procédés italiques (Photo Y. Léon, CEMES).

évoquées plus haut (MEB, DRX, Raman), donc sur des surfaces de quelques $\mu m^2$, ces vernis sont généralement très homogènes chimiquement et minéralogiquement parlant. Les cristaux étant pour la majorité, inférieurs au micron cette échelle ne permet pas de les observer et d'étudier leur répartition au sein de la matrice vitreuse. Cependant on peut plus ou moins, à cette échelle, prévoir le comportement des engobes en température, en fonction de leur composition globale de départ (à partir du moment ou cette évolution a déjà été étudiée en détail à une échelle submicronique). Lors de la préparation d'un engobe, une grande partie des dégraissants naturels (quartz, carbonates, feldspaths...) contenus dans l'argile brute est éliminée et seule la fraction la plus fine, majoritairement argileuse, est conservée. Le comportement de ce vernis va donc fortement se rapprocher de celui d'une argile pure.

Plusieurs techniques de caractérisation sont utilisées pour déterminer la composition chimique globale des vernis grésés. Certaines nécessitent un prélèvement et une préparation particulière des échantillons (MEB-EDXS, microsonde électronique), cependant ce n'est pas toujours possible (objets de musée). Dans ce cas, d'autres techniques performantes et non destructives peuvent être utilisées (PIXE, fluorescence X portable) [39].

L'étude de ces matériaux à une échelle nanométrique, plus adaptée, est indispensable pour une meilleure compréhension de leur structure, de leurs propriétés et des procédés de fabrication adoptés. Cette échelle d'analyse (Microscopie Électronique à Transmission), permet de visualiser la répartition des différents cristaux dans la matrice vitreuse, de caractériser ces différents constituants (matrice, cristaux) chimiquement et minéralogiquement parlant (diffraction électronique, *Electron Energy Loss Spectroscopy* - EELS) et de comprendre les réactions qui s'opèrent durant la cuisson au sein du matériau (figure 12.4). Dans le cas de certaines productions à engobes noirs ou métallescents, le carbone va jouer un rôle important dans la formation des revêtements et l'observation de ces particules à l'échelle nanométrique peut permettre d'évaluer s'il s'agit d'un enfumage végétal ou bien d'un ajout de matière carbonisée [40].

La colorimétrie, la spectroscopie Raman et la microscopie optique permettent de comparer les propriétés optiques et mécaniques des vernis et le degré de maîtrise dans leur fabrication (température et atmosphère adaptée à la préparation argileuse).

•Les glaçures :

Une autre technique très ancienne, apparue au Moyen-Orient dès le deuxième millénaire avant notre ère, était largement utilisée par les potiers pour recouvrir les céramiques : il s'agit de la glaçure (alcaline et/ou plombifère) qui se développera à l'époque hellénistique notamment avec les productions de Smyrne. Elle sera introduite en Italie au I$^{er}$ siècle avant J.-C., puis en Gaule accompagnant les techniques sigillées. Cette technique se développera largement au Moyen Âge, les glaçures pouvant être transparentes, colorées ou opacifiées à l'oxyde d'étain (faïence). Dans certains cas d'étude, l'analyse en laboratoire des glaçures plombifères [41] et de l'interaction pâte/glaçure (sur support cru ou cuit) [35] a permis de mettre en évidence des marqueurs caractéristiques de certains procédés et notamment des conditions de cuisson (recristallisation de l'oxyde d'étain) [44], mais aussi de déterminer la provenance du minerai de plomb [43] (ICP-MS). Les interfaces peuvent d'ores et déjà être observées par MEB ou Cathodoluminescence [8] (figure 12.5), mais là encore une échelle d'analyse plus petite peut s'avérer nécessaire pour une étude plus poussée des interfaces, des constituants des glaçures et de leur répartition. La spectroscopie Raman apporte également des renseignements pertinents sur les matériaux et procédés, notamment dans le cas des glaçures opacifiées [35]. Les recherches se concentrent en particulier sur les pigments qui colorent les glaçures [32,33] et les propriétés de ces surfaces [34,35].

## 12.4 Exemple : les productions gallo-romaines sud-gauloises

Cette lecture multiple de l'artisanat céramique a permis par exemple d'évaluer plus précisément l'impact de la colonisation romaine sur une partie de l'artisanat sud-gaulois [7].

En effet, au début de notre ère, de nombreuses techniques céramiques ont été diffusées avec la romanisation et, en Gaule, les formes gallo-romaines se sont imposées. Et bien dans ce contexte, il a été plus ou moins admis, à partir de l'étude des formes que les potiers sud-gaulois (La Graufesenque, Montans) auraient commencé par un

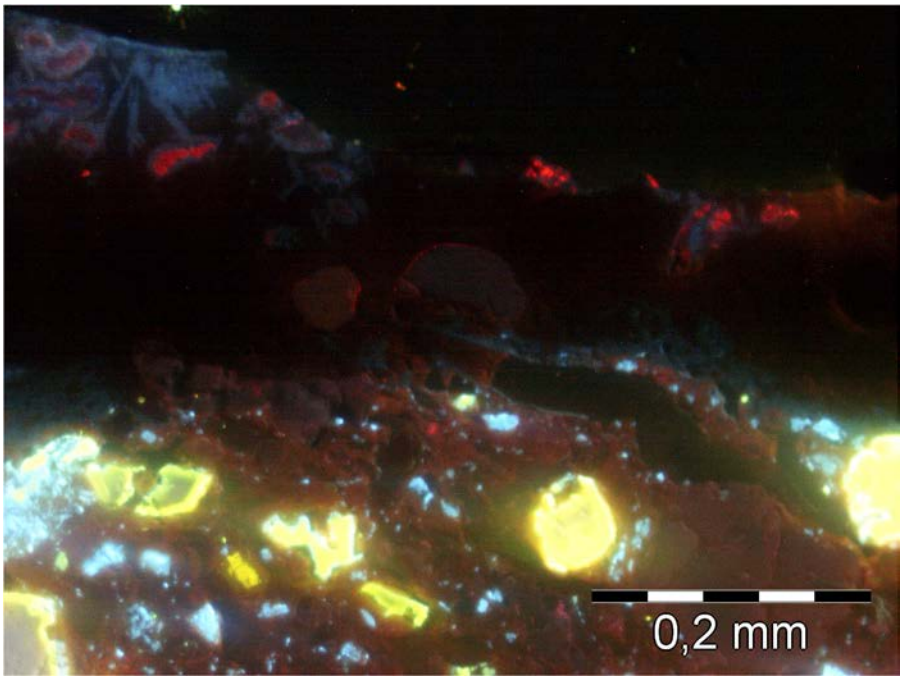



Figure 12.5 – Vue d'ensemble terre cuite / glaçure stannifère d'un carreau de faïence peint en vert et brun obtenue en Cathodoluminescence (Photo Y. Léon, CRP2A).

apprentissage technique des nouvelles technologies en imitant les sigillées romaines (présigillées), puis une fois ce savoir faire acquis, se seraient lancés dans des productions propres et originales (sigillées). Pour le sud de la Gaule, les résultats sur les engobes des sigillées, ont justement permit de montrer que l'on ne pouvait pas transposer l'évolution des formes sur celle des procédés et que, d'un point de vue des techniques, cette diffusion présentait un aspect différent. Les centres de productions de sigillées sud-gaulois auraient plutôt soudainement, mis en place, de nouveaux procédés adaptés à une production différente et associés à de nouveaux besoins. Si d'un point de vue typologique on peut donc parler d'une phase d'imitation et d'adaptation, d'un point de vue des procédés cette étude fine de l'objet et de sa surface décorative a montré que ce n'était pas le cas et que les « présigillées » correspondaient bien à un produit « volontairement » différent (moindre coût et diffusion locale) et nécessitant lui-même l'adaptation de procédés techniques qui lui sont propres (préparation de l'engobe, cuisson). Cette étude a également permit de montrer, par exemple, que la diffusion de la technique sigillée de l'Italie au sud de la Gaule, s'était accompagnée d'une évolution des structures, des procédés et de l'organisation. En effet des normes encore plus strictes ont été imposées pour les étapes délicates de la fabrication (choix des matériaux, préparation et cuisson commune, grande homogénéité sur toute la durée de la production) et une organisation beaucoup plus collective voire « industrielle » a été très rapidement mise en place. Cependant pour les étapes les moins importantes, une certaine liberté semble avoir été accordée aux potiers gallo-romains qui ont alors

maintenu certaines traditions techniques. Ainsi, ce serait l'adoption de nouvelles techniques romaines associée à la conservation de procédés indigènes (sud-gaulois), comme la façon de préparer l'enduit argileux, qui aurait permis cette évolution au sein des ateliers sud-gaulois.

## 12.5 Conclusion

S'il ne constitue qu'un marqueur indirect de provenance, l'aspect technologique est un incontournable marqueur des réseaux d'influence et de circulation des savoir-faire et des artisans. L'approche technologique ouvre de nouvelles perspectives de recherches permettant d'aborder sous un nouvel angle les processus d'acculturation et d'évaluer l'impact des différents courants et bouleversements économiques et culturels (installation de comptoirs commerciaux grecs, colonisation romaine...) sur cet artisanat.

## 12.6 Bibliographie

[1] M. Picon, Recherches de laboratoire sur la céramique Antique. Revue Archéologique. 1, 119-132, 1973.

[2] M.S. Tite, Ceramic production, provenance and use - a review. Archaeometry. 50, 216-231, 2008.

[3] A.M. Picon, C. Carre, M.L. Cordoliani, M. Vichy, J.A. Hernandez, J.L. Mignard, Composition of the La Graufesenque, Banassac and Montans Terra Sigillata. Archaeometry. 17, 191-199, 1975.

[4] A. Ben Amara, M. Schvoerer, G. Thierrin-Michael, M. Rammah, Distinction de céramiques glaçurées aghlabides ou fatimides (IX$^{e}$-XI$^{e}$ siècles, Ifriqiya) par la mise en évidence de différences de texture au niveau de l'interface glaçure - terre cuite. ArchéoSciences. 29, 35-42, 2005.

[5] R. Chapoulie, Matériaux du patrimoine culturel, des décors de céramiques sous le regard des scientifiques, Presses Universitaires de Bordeaux, 2010.

[6] Y. Maniatis, E. Aloupi, A.D. Stalios, New evidence for the nature of the Attic Black Gloss. Archaeometry. 35, 23-34, 1993.

[7] Y. Leon, « Étude de la diffusion en Gaule d'une technique romaine d'élaboration de Sigillées à travers l'analyse microstructurale des surfaces décoratives (ou engobes) », Thèse de doctorat de l'université de Toulouse, 7 décembre 2010.

[8] Y. Leon, A. Ben Amara, P. Conte, « Carreaux de pavement glaçurés du château du Haut Châlucet (Haute-Vienne, XIII$^{e}$ - XIV$^{e}$ s.) - Inventaire et techniques de fabrication », Actes du 4$^{e}$ Congrès international d'Archéologie Médiévale et Moderne, Médieval Europe Paris, EHSS, 2007.

[9] A.P. del Rio, S. Roehrs, M. Aucouturier, J. Castaing, A. Bouquillon, Medina Al-Zahra Lustre Ceramics : 10$^{th}$ Century Local Nanotechnology or Importation from Middle East. The Arabian Journal for Science and Engineering. 35/1C, 157-168, 2010.

[10] J.P. Morel, « La céramique comme indice du commerce antique (réalités et interprétations) » dans Trade and famine in classical Antiquity, eds. P. Garnsey et G.R. Whittaker, Cambridge Philological Society, Supplementary volume n° 8, Cambridge p. 66-74, 1982.

[11] A. Desbat, M. Picon, A. Djellid, « Le début des importations de sigillées à Lyon » dans R.C.R.F., Acta 36, p. 513-523, 2001.

[12] A. Brongniart, Traité des arts céramiques ou des poteries considérées dans leur histoire, leur pratique et leur théorie, seconde édition, Paris : Béchet Jeune, 2 volumes, 1854.

[13] D.P.S. Peacock, Pottery in the Roman World : an ethnoarchaeological approach, Longman archaeology series, London and New York : Longman, 1982.

[14] B. Bonaventure, « Céramiques et société chez les Leuques et les Médiomatriques (II$^{e}$-I$^{er}$ siècles avant J.-C.) », Thèse de doctorat de l'université de Strasbourg, 2010.

[15] R. Martineau, Identification expérimentale des techniques de façonnage des poteries archéologiques. Société Archéologique de l'Est. 24$^{e}$ supplément, 251-258, 2006.

[16] M. Le Mière, M. Picon, Les débuts de la céramique au Proche-Orient. Paléorient. 24/2, 27-48, 1998.

[17] A. Desbat, G. Cardoso, « Recherches expérimentales sur les fours antiques : les expérimentations de Saint-Romain-en-Gal (Rhône) », SFECAG, Actes du Congrès de Poitiers, p. 623-634, 2012.

[18] M. Picon, « Les modes de cuisson, les pâtes et les vernis de la Graufesenque : une mise au point » dans Céramiques de la Graufesenque et autres productions d'époque romaine. Nouvelles recherches. Hommages à Bettina Hoffmann, A. Vernhet et M. Génin, Archéologie et Histoire Romaine n°7, Éditions Monique Mergoil, Montagnac, 139-63, 2002.

[19] M. Picon, Quelques observations complémentaires sur les altérations de composition des céramiques au cours du temps : cas de quelques alcalins et alcalino-terreux. Revue d'Archéométrie. 15, 117-122, 1991.

[20] M.A. Smith, Oxygen-isotope ratio in quartz as indicators of the provenance of archaeological ochres. Journal of Archaeological Science. 24, 773-778, 1997.

[21] A. Blanc, Les techniques utilisées dans les grands ateliers de potiers de l'Antiquité. Revue Archéologique de l'Est. 267-289, 1963.

[22] M. Maggetti, « Phase Analysis and its Significance for Technology and Origin » dans Archaeological Ceramics, eds. J.S. Olin, A.D. Franklin, Smithsonian Institution Press, Washington. p. 121-33, 1982.

[23] P. Sciau, A. Vezian, « La composition minérale des pâtes des sigillées de La Graufesenque : un bon moyen de déterminer la température de cuisson » dans céramiques de la Graufesenque et autres productions d'époque romaine. Nouvelles recherches. Hommages à Bettina Hoffmann, Archéologie et Histoire Romaine n°7, Éditions Monique Mergoil, Montagnac. p. 181-190, 2002.

[24] M. Picon, Les mesures, par dilatométrie, des températures de cuisson des céramiques de La Graufesenque : principes et applications. Annales de Pegasus. 3, 1994/96, 32-40, 1998.

[25] A. Willgallis, H. Heyer, Die Glanztonschicht römischer Terra Sigillata, Berichte der Deutchen Keramischen Gesellschaft. Köln. 53, 9, 239-276, 1976.

[26] M. Picon, Les vernis rouges des céramiques sigillées de La Graufesenque : recherche sur les argiles utilisées pour leur préparation. Annales de Pegasus. 3, 1994/96, 58-68, 1998.

[27] J. Prag, C.C Tang, E.J. Maclean, M.A. Roberts, D.T. Clarke, E. Pantos, The study of Attic black gloss potsherds using synchrotron X-ray diffraction. Journal of Archaeological Science. 28, 1015-1024, 0305-4403, 2001.

[28] G.M. Ingo, G. M. Bultrini, G. De Caro, T. Del Vais, Microchemical study of the black gloss on red- and black-figured Attic vases. Surface and interface analysis. 30(1), 101-105, 2000.

[29] M. Walton, K. Trentelman, M. Cummings, G. Poretti, J. Maish, D. Saunders, B. Foran, M. Brodie, A. Mehta, Material Evidence for Multiple Firings of Ancient Athenian Red-Figure Pottery. Journal of the American Chemical Society. 96, 2031, 2013.

[30] F. Meirer, Y. Liu, E. Pouyet, B. Fayard, M. Cotte, C. Sanchez, J.C. Andrews, A. Mehta, P. Sciau, Full-field XANES analysis of Roman ceramics to estimate firing conditions - a novel probe to study hierarchical heterogeneous materials. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 28, 1870-1883, 2013.

[31] P. Colomban, V. Milande, L. Le Bihan, On-site Raman analysis of Iznik pottery glazes and pigments. Journal of Raman Spectroscopy. 35, 527-535, 2004.

[32] J. Pérez-Arantegui, B. Montull, M. Resano, J. M. Ortega, Chemical investigation on black pigments in the carved decoration of sixteenth century alabaster tombs from Zaragoza (Spain). Journal of The European Ceramic Society. 29, 12, 2499-2509, 2009.

[33] P. Colomban, « Case study : Glasses, glazes and ceramics - Recognition of ancient technology from the Raman spectra » dans Raman Spectroscopy in Archaeology and Art History, eds. H.G.M. Edwards and J.M. Chalmers, chap. 13, Royal Society of Chemistry, Cambridge, U. K, pp. 192–206, 2005.

[34] M.S. Tite, I. Freestone, R. Mason, J. Molera, M. Vendrell-Saz, N. Wood, Lead glazes in antiquity - methods of production and reasons for use. Archaeometry. 40, 2, 241-60, 1998.

[35] J. Molera, T. Pradell, N. Salvado, M. Vendrell-Saz, Interactions between clay bodies and lead glazes. Journal of the American Ceramic Society. 84 (5), 1120-28, 2001.

[36] A. Ben Amara, M. Schvoerer, G. Thierrin-Michael, M. Rammah, Distinction de céramiques glaçurées aghlabides ou fatimides (IX$^{e}$- XI$^{e}$ siècles, Ifriqiya) par la mise en évidence de différences de texture au niveau de l'interface glaçure - terre cuite. ArchéoSciences. 29, 2005.

[37] L. Vendier, P. Sciau, E. Dooryhee, Étude par diffraction des rayons X des vernis rouges des sigillées du sud de la Gaule. Les ateliers de la Graufesenque. Journal de Physique IV. Paris, 12, 6, 189-196, 2002.

[38] P. Sciau, Y. Leon, P. Goudeau, S. Fakra, S. Webb, A. Mehta, Reverse engineering the ancient ceramic technology based on X-ray fluorescence spectromicroscopy. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 26, 969-976, 2011.

[39] Y. Leon, P. Sciau, A. Bouquillon, L. Pichon, Ph. de Parseval, PIXE (Particle Induced X-ray Emission) : a non-destructive analysis method adapted to the thin decorative coatings of antique ceramics. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research. B, 2012.

[40] P. Sciau, Y. Leon, P. Marty, L. Noe, C. Le Noheh, « Étude archéométrique des céramiques noires de type terra nigra de La Vitarelle (Montauban, Tarn-et-Garonne) : premiers résultats », Congrès de la Société Française d'Étude de la Céramique Antique en Gaule (SFECAG), congrès international de Poitiers, 17-20 mai 2012.

[41] A. Bouquillon, B. Mille, « Les carreaux de pavement de quelques sites médiévaux d'Île-de-France. Analyse des matériaux » dans Terres cuites architecturales médiévales et modernes en Île-de-France et dans les régions voisines, Publications du CRAHM, p. 197-211, 2009.

[42] J. Molera, T. Pradell, N. Salvado, M. Vendrell-Saz, Evidence of tin oxide recrystallization in opacified lead glazes. Journal of the American Ceramic Society. 82, 10, 2871-2875, 1999.

[43] Y. Monette, M. Richer Laflèche, « ICP-MS analysis of historic ceramic glaze. A multi-element and lead isotope investigation » dans J. F. Moreau et al. (eds), ISA2006 : Proceedings / Actes 36th International Symposium on Archaeometry Québec, Célat, Cahiers d'archéologie du Célat 25, série archéométrie 7 : 289-296, 2008.