

Zeitschrift: Archäologie Bern : Jahrbuch des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern = Archéologie bernoise : annuaire du Service archéologique du canton de Berne

Herausgeber: Archäologischer Dienst des Kantons Bern

Band: - (2023)

Artikel: Une porcelaine pâte tendre des années 1756-1832 de Tournai à Berne

Autor: Maggetti, Marino / Neururer, Christoph

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1046354>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 16.01.2026

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

Une porcelaine pâte tendre des années 1756-1832 de Tournai à Berne

Marino Maggetti et Christoph Neururer

1

Introduction

Près de 30 000 tessons de poterie ont été trouvés lors des fouilles archéologiques à la Brunn-gasshalde, réalisées entre 2004 et 2006 à Berne¹. Des sources d'archives attestent que les couches fouillées constituent un remblai, composé de gravats de voirie et de déchets urbains, le tout déposé avant 1832. Ces déchets urbains sont principalement des matériaux du premier tiers du 19^e siècle, comme en témoignent les trouvailles de grès vernissé au sel, de faïence, de bouteilles d'eau minérale datées, de terres blanches marquées de la Suisse romande et de monnaies. À cette époque, il existait une offre large et typologiquement assez variée de céramique sur le marché bernois de la poterie. Allant de la vaisselle coûteuse de première qualité (porcelaine européenne et asiatique) aux imitations progressivement plus abordables (faïence française et suisse, terre blanche) et au grès (du Westerswald allemand), elle répondait manifestement aux exigences des différents niveaux sociaux de la population urbaine. La poterie était soit importée (Asie, Angleterre, France, Allemagne), bien qu'à une échelle encore inconnue, soit produite localement ou dans une région plus large autour de la capitale. Quatre fragments de porcelaine pâte tendre² ont pu être identifiés par Andreas Heege grâce à la marque liée à la manufacture belge de Tournai (fig. 1). Cette marque sous glaçure, aux épées et croisettes en bleu, était la copie des armes³ de François-Joseph Peterinck (1719-1799) et demeura la marque standard de Tournai pour la vaisselle courante depuis 1756 jusqu'à la fin de la manufacture en 1891⁴. Le présent travail a pour but d'analyser le corps céramique et la glaçure de cette porcelaine, puis de comparer les résultats obtenus



1 Bern, Brunn-gasshalde. Fragment de porcelaine pâte tendre de Tournai analysé : vue de face avec décor bleu à gauche, vue arrière avec marque bleue sous glaçure à droite (hauteur 8,0 cm ; n° inv. 102201 ; n° d'échantillon BER 19).

avec ceux des autres manufactures, notamment avec une assiette de Sèvres de 1781 et une d'Arras au décor sous glaçure en camaïeu bleu dit « à la brindille » (vers 1770-1790), étudiées en détail⁵ il y a quelques années⁶.

1 Heege 2010.

2 Heege 2010, 65, Abb. 45.

3 Lemaire 1999, 16.

4 <https://www.porcelaine-de-tournai.com/marques/>, site consulté le 12. 2. 2022.

5 Maggetti/d'Albis 2017 ; Maggetti/d'Albis/El Korh 2021.

6 Nous remercions Antoine d'Albis (Limoges) pour son aide généreuse et le partage de ses immenses connaissances historiques et techniques sur la porcelaine pâte tendre, Andreas Heege (Zug) d'avoir fourni la pièce à échantillonner, Stanislas Anthonioz et Anne-Claire Schumacher (Musée Ariana, Genève) pour la mise à disposition d'une photo, et Patrick Dietsche et Vincent Serneels (Département des géosciences, Université de Fribourg) pour la préparation des pastilles MEB et l'analyse chimique FRX.

2

La porcelaine tournaisienne de type pâte tendre

2.1

Bref historique de la manufacture de porcelaine pâte tendre de Tournai (1750-1891)⁷

François-Joseph Peterinck, marchand de charbon à Ath et ancien officier de génie dans l'armée française, racheta début décembre 1750 la faïencerie tournaisienne que François-Joseph Carpentier, ancien géographe du Roi à Lille, avait installée à Tournai quelques mois auparavant. À cette date, Tournai faisait partie des Pays-Bas autrichiens, après avoir été française suite à la bataille de Fontenoy, du 11 mai 1745 jusqu'en 1748 (paix d'Aix-la-Chapelle). La production de porcelaine pâte tendre démarra sous l'impulsion de Peterinck fin 1750/début 1751 avec l'aide des frères Dubois⁸, qui

avaient travaillé pour différentes manufactures de porcelaine pâte tendre comme Saint-Cloud, Chantilly et Vincennes. La manufacture eut un beau développement, comme en témoigne le nombre d'ouvriers : 43 en 1752, 80 en 1757, 100 en 1761 et environ 200 en 1788⁹. La dernière cuisson de porcelaine pâte tendre eut lieu le 21 août 1890¹⁰.

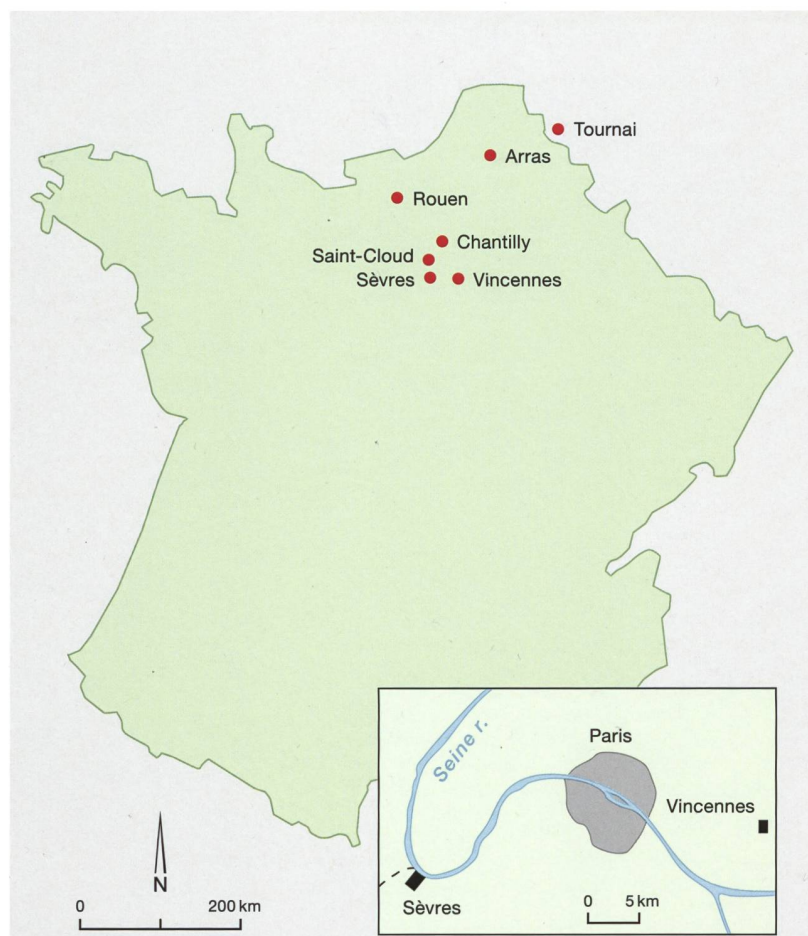
2.2

La chaîne opératoire de la porcelaine pâte tendre de Tournai

L'historique de ce type de porcelaine en France est bien connu¹¹. La porcelaine pâte tendre ou à fritte a été produite pour la première fois en quantité à Saint-Cloud, près de Paris (fig. 2), vers 1690¹². Quelques rares exemples du même type de porcelaine ont été fabriqués à Rouen quelques années auparavant, vers 1673¹³. La recette de la porcelaine pâte tendre existe donc depuis la fin du 17^e siècle et les formules (Chantilly¹⁴, Vincennes et Vincennes/Sèvres¹⁵) circulent. Elle fut même vendue en 1751 à Ginori à Florence¹⁶. Il y a foule d'autres manufactures françaises qui n'ont pas laissé de nom dans l'histoire – comme celle « des petites maisons » par exemple, située probablement à Paris – dont on ne sait pratiquement rien sauf qu'elles produisaient de la porcelaine pâte tendre¹⁷.

Suivant les techniques françaises plus anciennes¹⁸, la pâte de Tournai¹⁹ se faisait en deux étapes. Dans la première, à l'exemple de la fabrication du verre, on mêlait du sable²⁰ (77,5 %,

2 Les principales manufactures de porcelaine pâte tendre en France (d'après Meister/Reber 1980). En médaillon : carte simplifiée de la région de Paris en 1756 à partir de la feuille n° 1 de la carte de Cassini 1:86 400 (d'après Pelletier 1990, 106-107). La ligne en traitillé représente la route vers Versailles.



7 Lemaire 1999, 9-57.

8 23 décembre 1750, contrat d'association Peterinck-Frères Dubois ; voir Lemaire 1999, 201.

9 Lemaire 1999, 31-32, 37.

10 Lemaire 1999, 56.

11 Heimann/Maggetti 2014, chap. 14.

12 Le Duc/de Plinval de Guillebon 1991.

13 Soudée Lacombe 2006.

14 Treppoz/d'Albis 1987 ; Préaud/d'Albis 1991.

15 D'Albis 1983 ; D'Albis 1984a ; D'Albis 1984b ; D'Albis 1985 ; D'Albis 1988 ; D'Albis 1999a ; D'Albis 1999b ; D'Albis 1999c ; D'Albis 2001 ; D'Albis 2003 ; D'Albis 2015 ; Maggetti/d'Albis 2017.

16 D'Albis/Biancalana 2008.

17 De Plinval de Guillebon 1995.

18 D'Albis 2021.

19 Lemaire 1999, 62-69.

20 Il provenait d'Hautrage, un village entre Tournai et Mons ; voir Lemaire 1999, 77.

fig. 3) à un fondant (22,5 % de soude d'Alicante²¹) pour abaisser la température de fusion des grains de quartz le composant. Ce mélange de matériaux, préalablement finement broyés pour faciliter la fusion, était disposé sur un lit de sable dans la partie la plus chaude du four, soit dans la chambre de combustion sous le foyer, et conservé là pendant 30 à 35 heures. Après refroidissement, ce verre dur, qu'on appelle communément fritte, était concassé puis réduit en poudre fine. Dans la deuxième étape, une argile riche en oxyde de calcium, c'est-à-dire une marne²², cuisant le plus blanc possible, et de la craie blanche étaient ajoutées au mélange, afin de donner de la plasticité à la pâte et de neutraliser l'alcalinité²³. La pâte était ensuite mise dans des tonneaux pour fermenter et pourrir pendant plusieurs mois. Elle était même humectée avec de l'urine pour obtenir la plasticité voulue²⁴. On façonnait ensuite les pièces par tournage ou moulage et on les cuisait une nouvelle fois à environ 1100 °C²⁵, afin d'obtenir le produit le plus blanc et le plus transparent possible, appelé correctement « biscuit », car cuit deux fois. L'objet pouvait rester à l'état de biscuit, ou être recouvert du mélange brut d'une glaçure transparente, ou être décoré sous glaçure et ensuite recouvert de ce mélange. Une troisième cuisson²⁶ était nécessaire pour créer et fixer la glaçure.

La composition de la pâte de Tournai est similaire à celle de Chantilly et de Vincennes (fig. 3), ce qui n'est pas surprenant puisque les frères Dubois avaient appris leur métier dans ces manufactures. Il restait le problème de la blancheur, car les marnes contiennent toujours un peu de fer, qui confère une teinte jaunâtre au tesson. Vincennes/Sèvres y remédia en ajoutant de l'alun²⁷ et du gypse (plâtre)²⁸ dans la fritte, ce qui donnait un beau tesson blanc. L'ajout d'autres fondants comme le salpêtre²⁹ et le sel de mer³⁰ augmentèrent la translucidité. À Chantilly par contre, on couvrait le tesson avec une glaçure stannifère blanche opaque de type faïence pour camoufler la couleur du tesson, mais dès 1754, de l'alun fut aussi mis dans la pâte³¹. Tournai employa la glaçure stannifère au début de sa production³², mais ne semble pas avoir eu recours à l'alun et aux autres constituants de Vincennes/Sèvres.

Recettes (en % de masse) des frites et des pâtes

Chantilly 1726-1753	Vincennes c. 1740-c. 1742	Vincennes/Sèvres c. 1742-1803	Tournai 1786
Fritte	Fritte	Fritte	Fritte
Sable blanc 75	Sable 72,9	Sable 60	Sable 77,5
–	Silex, calciné 8,8	–	–
Soude 25	Soude 18,3	Soude d'Alicante 3,7	Soude d'Alicante 22,5
–	–	Alun calciné 3,7	–
–	–	Gypse calciné 3,7	–
–	–	Salpêtre 21,7	–
–	–	Sel de mer 7,2	–
Pâte	Pâte	Pâte	Pâte
Fritte 67	Fritte 67	Fritte 75	Fritte 74
Marne 33	Marne 33	Marne 8,3	Marne 13
–	–	Craie 16,7	Craie 13

3 Recettes (en % de poids) des frites et des pâtes des manufactures de Chantilly (Treppoz/d'Albis 1987 ; Préaud/d'Albis 1991, 8), Vincennes, Vincennes/Sèvres (D'Albis 1985, 1999b) et Tournai (Lemaire 1999, 86).

3

Un tesson de porcelaine pâte tendre de la Brunnghasshalde sous le microscope

3.1

Objet étudié

Les quatre fragments de porcelaine pâte tendre de la Brunnghasshalde (voir chap. 1) proviennent très probablement d'une assiette tournaisienne moulée du type « bleu et blanc, au rondo », avec un décor peint en camaïeu bleu sous glaçure (fig. 4). Ce décor, inventé par Tournai, représente cinq motifs floraux, dont un central et quatre sur l'aile de l'assiette³³. Utilisé pendant

21 Na₂CO₃.

22 Cette marne était aussi appelée marle ou derle et provenait, aux débuts de la manufacture, des environs de Belœil et de Chimay, ensuite de la banlieue nord de Namur, puis d'Andenne ; voir Lemaire 1999, 77. Pour la derle, voir Goemaere/Declercq 2013.

23 Lemaire 1999, 65 se contredit à la page 77, où il stipule que l'ajout de la marne et de la craie se faisait après le broyage de la fritte.

24 Lemaire 1999, 78.

25 D'Albis 1999b ; Heimann/Maggetti 2014, fig. 14.7 ; Lemaire 1999, 79, postule 1150-1200 °C pendant 4 à 5 jours.

26 1000-1100 °C ; voir Lemaire 1999, 80.

27 KAl(SO₄)₂·12 H₂O.

28 CaSO₄·2 H₂O.

29 KNO₃.

30 NaCl.

31 Lemaire 1999, 67.

32 Lemaire 1999, 67.

33 Lemaire 1999, 165.

4 Assiette en porcelaine
pâte tendre de la manu-
facture de Tournai, 1760-
1780 (hauteur 2,7 cm ;
diamètre 23,5 cm ;
n° inv. G 02139).
© Musée Ariana,
Ville de Genève.



toute l'histoire de la manufacture, il devint l'emblème de la porcelaine tournaisienne³⁴. Le tesson marqué (fig. 1), correspondant à la partie centrale de ce type d'assiette (fig. 5), fut choisi pour l'étude scientifique. Sa production peut être datée de 1756 (décor, marque) à 1832 (fin de la déchetterie à la Brunngasshalde).

3.2

Méthodologie

Un morceau de 4,5 grammes fut scié dans la partie non décorée du fragment portant la marque tournaisienne (échantillon BER 19).

5 Bern, Brunngasshalde.
Insertion du fragment
BER 19 analysé dans
l'assiette complète
de la figure 4, con-
servée au Musée
Ariana de la ville
de Genève.



Un mini-fragment en fut découpé à l'aide d'une scie diamantée et transformé en pastille pour l'étude microchimique et micromorphologique du corps céramique et de la glaçure à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB). La glaçure a été enlevée du morceau restant par abrasion et l'échantillon ainsi obtenu moulu dans une meule à carbure de tungstène. La suite des préparatifs ainsi que l'analyse du corps céramique par la méthode de la fluorescence aux rayons X (FRX) ont été exécutées selon le protocole standard du laboratoire d'archéométrie du Département des Géosciences de l'Université de Fribourg (CH)³⁵. Pour l'analyse quantitative des phases³⁶, des images multiples en mode électrons rétrodiffusés (MEB-MER, chacune $63 \times 47 \mu\text{m}$, 2048×1536 pixels) ont été enregistrées avec le programme AZTEC du MEB et assemblées automatiquement. La surface résultante était de $1,63 \times 1,25$ mm pour l'échantillon BER 19 de Tournai (1417 images réunies), de $1,32 \times 0,562$ mm pour ARR1 d'Arras (850) et de $1,50 \times 1,012$ mm pour SEV1 de Sèvres (1179). Avec le programme Adobe Photoshop, les trois images de grande surface ont été enregistrées en format TIFF avec 256 niveaux de gris (8-bit). Les niveaux de gris de ces images ont ensuite été segmentés à l'aide du logiciel AVIZO de Thermo Scientific®, en utilisant la procédure « watershed by flooding » du programme pour

³⁴ Lemaire 1999, 169.

³⁵ Par ex. Maggetti et al., 2015.

³⁶ En plus de BER 19, deux échantillons précédemment analysés, d'Arras (Maggetti/d'Albis/El Korh 2021) et de Sèvres (Maggetti/d'Albis 2017), ont également été inclus.

segmenter des matériaux à phases multiples. De cette manière, les pores, la matrice vitreuse, les phases SiO_2 (cristobalite, quartz, tridymite) et la wollastonite ont pu être affectés aux gammes de valeurs de gris correspondantes avec un haut degré de fiabilité. La fonction « Label Analysis » dans le programme Avizo a ensuite permis de calculer le rapport de surface des phases³⁷.

4

Résultats de l'analyse

4.1

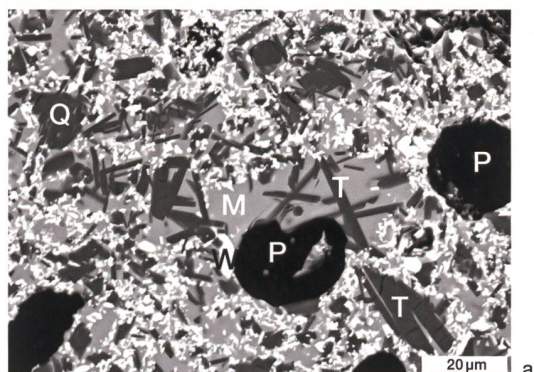
Le corps céramique

L'analyse microscopique avec le MEB révèle qu'au moins la moitié de l'échantillon a subi des processus secondaires de grande envergure lors de son enfouissement. On observe en effet deux zones dans le corps céramique : la première présente les phases résultant de la cuisson, tandis que presque toute la wollastonite a disparu ou a été lessivée de la seconde (fig. 6). La frontière entre les deux est nette et des îlots de la deuxième zone se retrouvent dans la première.

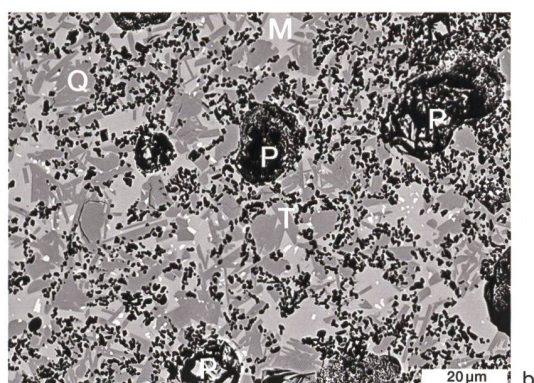
4.1.1

Une porcelaine composée de verre et de trois types de cristaux (quartz, tridymite et wollastonite)

Le corps céramique non lessivé se compose, selon l'observation au microscope électronique à balayage (MEB), de quatre phases (fig. 6a) : (1) des grains aux contours et longueur irréguliers (diamètre max. 24 μm), souvent pointus, et de couleur gris foncé dans l'image MEB (fig. 7), dont l'analyse chimique indique une composition de 100 % d'oxyde de silicium (SiO_2); (2) des petits prismes trapus aux contours souvent réguliers (diamètre max. 4 μm) de couleur plus sombre, presque noire, et chimiquement constitués aussi par 100 % de SiO_2 , qu'on retrouve soit enveloppant les grains n° 1 et formant ainsi une structure coronitique (fig. 7), soit dans la matrice vitreuse; (3) des petits prismes ou baguettes de couleur blanche, selon des analyses ponctuelles riches en SiO_2 et en oxyde de calcium (CaO), d'une longueur maximale de 12 μm , et se présentant en agglomérats;



6 Bern, Brunngasshalde. Images au MEB-MER de l'échantillon BER 19 à travers le corps céramique non lessivé (a) et lessivé (b) : M matrice vitreuse ou verre; P pore; Q quartz; T tridymite; W wollastonite. Les petits trous noirs de l'image (b) ont été créés par le lessivage des wollastonites lors de l'enfouissement.

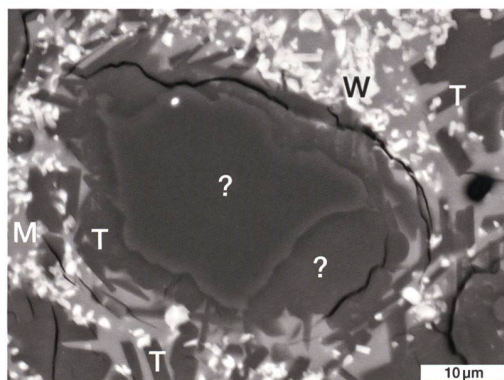


(4) une matrice vitreuse de couleur gris clair. De plus, il y a encore de gros pores (diamètre max. 23 μm) aux contours irréguliers et de couleur noire (fig. 6a et b).

L'analyse diffractométrique aux rayons X (DRX)³⁸ a révélé une association minéralogique constituée par un assemblage de α -quartz,

37 Les analyses MEB et DRX ont été effectuées par Marino Maggetti, les analyses quantitatives des phases par Christoph Neururer. À notre connaissance, il s'agit de la première fois qu'une telle analyse quantitative d'une porcelaine pâte tendre est réalisée.

38 Pour cette méthode, voir Heimann 2016.



7 Bern, Brunngasshalde. Image au MEB-MER de l'échantillon BER 19 à travers un grain 100 % poids d'oxyde de silicium (SiO_2). Le cœur central (quartz ?) présente des contours irréguliers, ce qui indique une forte fusion lors du frittage. Il est entouré par des baguettes de tridymite (T). On trouve la tridymite avec la wollastonite (W, cristaux blancs) aussi dans la matrice vitreuse (M).

tridymite et β -wollastonite. Le quartz pourrait être reconnu dans les noyaux aux contours irréguliers des amas de SiO_2 (fig. 7). Leur forme très irrégulière indiquerait une forte fusion lors du frittage. Si l'interprétation s'avère correcte, il s'agirait de quartz relique de la recette primaire ayant survécu à la première cuisson, c'est-à-dire au frittage du mélange de sable et soude. Les transformations α et β répétées de ces cristaux lors des cuissons et refroidissements à 573°C ont donné lieu à des microfissures bien visibles (fig. 7). Celles-ci provoquent également un coefficient de dilatation élevé qui diminue la résistance de la porcelaine tendre et lui confèrent

une résistance aux chocs thermiques bien inférieure à celle des porcelaines à pâte dure³⁹.

Les cristaux d'oxyde de silicium prismatiques (SiO_2 , grains n° 2) environnants sont interprétés comme des tridymites qui ont cristallisé des portions liquides riches en SiO_2 durant les phases de refroidissement des diverses cuissons. Leur équilibre thermodynamique avec le micro-environnement liquide est démontré par leurs contours réguliers.

Les baguettes et prismes n° 3 sont des β -wollastonites, qui ont cristallisé elles aussi du liquide matriciel durant les cuissons, d'où leur contour régulier. Leurs regroupements sont les derniers indices des grains de carbonates qui furent ajoutés à la fritte selon la recette primaire.

Le corps céramique de l'assiette de Tournai contient donc de la tridymite typique des porcelaines pâte tendre de Chantilly, Saint-Cloud et Vincennes/Sèvres⁴⁰. De la cristobalite fut identifiée par microspectrométrie Raman dans des porcelaines pâte tendre de Chantilly et Vincennes⁴¹ et par DRX dans celles d'Arras⁴², tout comme la β -wollastonite dans celles de Sceaux⁴³. Pour Arras, la présence de cristobalite en lieu et place de la tridymite trouve son explication dans une cuisson moins longue⁴⁴.

4.1.2

Une porcelaine riche en silice et calcium

La composition chimique du corps se caractérise par une forte teneur en oxyde de silicium (SiO_2) et en oxyde de calcium (CaO), avec des concentrations beaucoup plus basses pour les autres oxydes (fig. 8). La faible teneur en oxyde d'aluminium (Al_2O_3) dénote probablement la présence d'un peu d'argile dans le sable, et celle en oxyde de magnésium (MgO), de la dolomie dans la marne. D'autre part, seule une petite partie de l'oxyde de potassium (K_2O) peut être

Résultat des analyses chimiques du corps céramique de porcelaines pâte tendre

Oxyde/ Élément	Sèvres (1781) SEV 1	Arras (1770-1790) ARR 1	Tournai (1756-1832) BER 19
SiO_2	72,68	77,72	77,40
TiO_2	0,04	0,18	0,11
Al_2O_3	1,34	2,43	1,50
Fe_2O_3	0,24	0,52	0,56
MnO	0,01	0,01	0,02
MgO	0,89	1,81	1,55
CaO	15,82	11,71	11,57
Na_2O	3,25	2,56	4,83
K_2O	5,17	2,54	2,02
P_2O_5	0,06	0,11	0,17
Ba	117	18	97
Cr	5	27	13
Cu	26	8	87
Nb	<2	7	<2
Ni	7	0	7
Pb	4476	1253	5884
Rb	80	46	4
Sr	239	364	376
Y	<1	p. d.	15
V	p. d.	22	p. d.
Zn	10	8	30
Zr	31	170	79
total	99,99	99,59	100,39
PF	0,44	0,17	0,81

8 Résultat des analyses chimiques du corps céramique de porcelaines pâte tendre de Sèvres (Maggetti/d'Albis 2017), Arras (Maggetti/d'Albis/El Korh 2021) et Tournai (cette publication) par fluorescence aux rayons X (FRX) : oxydes, total et perte au feu (PF) en % poids, éléments en ppm, p. d. signifiant « pas déterminé ».

39 Kingery/Smith 1985, 291.

40 Treppoz/d'Albis 1987, note 5 ; Maggetti/d'Albis 2017.

41 Colomban et al. 2004.

42 Maggetti/d'Albis/El Korh 2021.

43 Mancini/Dupont-Logié/Colomban 2016.

44 Maggetti/d'Albis/El Korh 2021, 35.

attribuée à l'éventuelle présence d'un peu d'argile dans le sable, car celui-ci devait être le plus pur possible pour obtenir la couleur blanche du produit final. La plus grande partie de cet oxyde provient très probablement d'un fondant potassique comme le salpêtre ou la potasse, qui ne sont toutefois pas mentionnés dans la recette tournaïenne de 1786 (fig. 3). Rappelons que le salpêtre fait partie de la recette plus ancienne de Vincennes/Sèvres.

4.1.3

Une porcelaine aux concentrations anormales de plomb

La concentration en plomb (Pb) de l'échantillon BER 19 atteint presque 6000 ppm, soit 0,6 % de son poids (fig. 8). D'où vient ce plomb ? Les recettes ne mentionnent pas d'ajout de cet élément et la teneur en plomb des argiles et marnes est inférieure à 300 ppm⁴⁵ dans le monde entier. Des valeurs supérieures dénotent donc une contamination qui n'étonne guère, ce phénomène étant couramment observé dans le cas des manufactures de faïence⁴⁶. Ces concentrations élevées peuvent être expliquées par des effets de contamination dus à : (1) une infiltration de la suspension aqueuse contenant la glaçure plombeuse lors de l'application sur les biscuits, avant la troisième cuisson ; (2) une infiltration de la glaçure plombeuse fondue, sous forme de coulures, dans les biscuits lors de la troisième cuisson ;

(3) une infiltration de vapeurs de plomb dans les objets en céramique pendant les cuissons ; ou (4) une abrasion insuffisante de la glaçure lors de la préparation de l'échantillon BER 19. La quatrième hypothèse est peu probable, car tous les soins furent mis en œuvre pour enlever complètement la pellicule vitreuse. Il reste donc les hypothèses 1 à 3, sans que l'on puisse opter pour une seule source de contamination ou pour une combinaison de plusieurs.

4.1.4

Une porcelaine lessivée lors de l'enfouissement

Le lessivage se traduit morphologiquement par la disparition de la wollastonite, laissant des trous correspondant à leurs formes cristallines (fig. 6b). La composition chimique corrobore cette observation puisqu'elle ne contient que peu d'oxyde de calcium (CaO), tandis que l'oxyde de silicium (SiO₂) est d'autant plus dosé (fig. 9). Une phase riche en phosphore (fig. 10), qui peut également remplir sphériquement des pores plus grands, a pu être détectée dans ces trous.

⁴⁵ Teneurs maximales : 110 ppm (Turekian/Wedepohl 1961) et 240 ppm (Ericson et al. 1961).

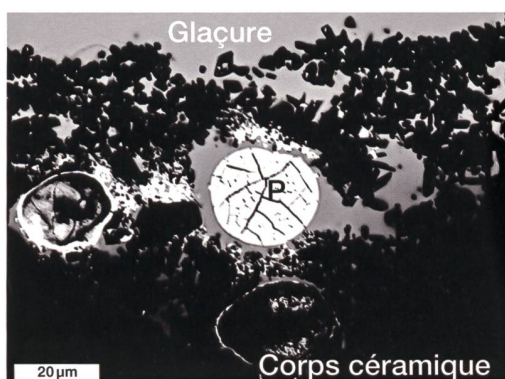
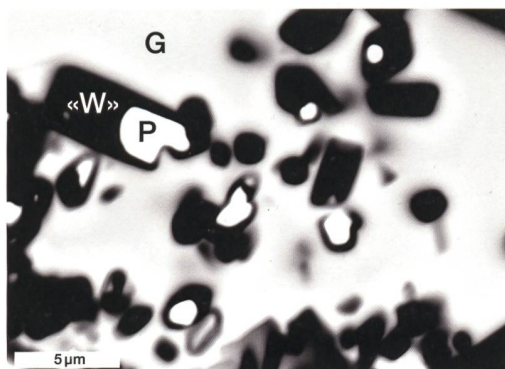
⁴⁶ Maggetti/Galetti 2000 ; Blanc 2007a ; Blanc 2007b ; Maggetti/Morin/Serneels 2009 ; Maggetti 2013 ; Maggetti 2015 ; Maggetti et al. 2015 ; Thierrin-Michael 2016 ; Maggetti 2019 ; Maggetti 2020.

Résultats des microanalyses chimiques à l'aide du MEB (EDS) normalisés à 100 % poids

Type	Surface analysée, point	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	PbO	Total
Corps														
Frais, total	2,5 × 2,0 mm	4,6	1,6	1,0	76,2	–	0,2	–	1,8	13,8	–	0,4	0,4	100,0
Lessivé, total	2,5 × 2,0 mm	4,7	1,7	1,7	85,3	–	0,3	0,1	2,2	2,3	0,2	0,7	0,8	100,0
Domaines vitreux	Moyenne arithm. de 6 analyses (8 × 2 µm)	10,0	3,2	2,5	73,0	–	0,2	0,2	4,2	4,5	0,2	0,9	1,4	100,0
Wollastonite dans corps frais	Point	–	–	–	54,3	–	–	–	–	45,7	–	–	–	100,0
Wollastonite dans corps lessivé	Point	0,9	0,6	–	75,0	–	–	–	0,5	23,0	–	–	–	100,0
Contamination : remplissage sphérique	10 × 10 µm	1,9	0,5	0,7	19,1	11,3	1,9	2,0	1,2	11,8	–	0,8	48,8	100,0
Contamination : remplissage ponctuel	Point	2,3	0,4	0,4	13,5	13,0	1,9	2,6	0,6	13,7	–	0,3	51,3	100,0
Glaçure	300 × 20 µm	6,0	1,2	0,9	51,6	–	0,9	0,4	2,7	4,6	–	0,4	31,3	100,0

9 Bern, Brunneggshalde. Résultats des microanalyses chimiques de l'échantillon BER 19 par microscopie électronique à balayage (MEB) et spectroscopie à dispersion d'énergie (EDS), normalisés à 100 % poids.

10 Bern, Brunngasshalde. Image de l'échantillon BER 19 au microscope électronique à balayage (MEB-MER) à travers la zone de réaction entre la glaçure et le corps céramique : G glaçure ; P phase riche en phosphore ; « W » trou laissé par la wollastonite lessivée.



4.2

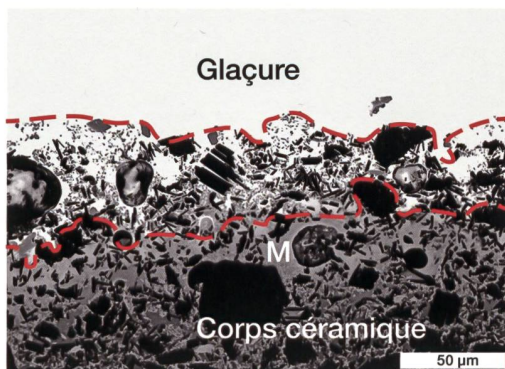
Une glaçure agressive

4.2.1

Une zone de réaction entre la glaçure et le corps céramique

Le contact du corps céramique avec la glaçure se caractérise par une zone intermédiaire, au contour très irrégulier et d'une épaisseur maximale d'environ 69 µm (fig. 11). On y voit très clairement comment la matrice – c'est-à-dire le verre du corps céramique de la zone externe – qui s'était reliquéfiée lors de la cuis-

11 Bern, Brunngasshalde. Image de l'échantillon BER 19 au microscope électronique à balayage (MEB-MER) à travers (de haut en bas) : la glaçure, le contact glaçure/corps céramique (zone de réaction entre les deux lignes traitillées rouges) et le corps céramique. M correspond à la phase vitreuse (matrice) gris clair du corps céramique.



son de la glaçure, ou qui devait au moins être bien ramollie, a réagi avec la glaçure liquide en se dissolvant dans celle-ci. Cette interface est donc une zone de réaction entre la glaçure liquide et les zones externes du corps céramique. On remarque aussi le début de la digestion des phases cristallines « flottantes » du corps céramique dans la glaçure. Une pareille zone de réaction fut aussi observée dans des assiettes de porcelaine pâte tendre des manufactures d'Arras⁴⁷ et de Sèvres⁴⁸, ainsi que dans des terres blanches (faïences fines) suisses⁴⁹. Les auteurs des articles sur les terres blanches postulèrent qu'environ 20-30 µm de l'épaisseur du corps céramique, sur une coupe verticale, avaient été incorporés dans la glaçure alcalino-plombeuse liquide. Cette zone de réaction est-elle une preuve de l'application du mélange cru de la glaçure sur un substrat non cuit, et non pas sur un objet céramique déjà cuit une première fois, comme c'était le cas pour le plat de Sèvres ? La réponse est clairement non, car une zone de réaction, d'une épaisseur de 35 à 70 µm, fut aussi observée pour ce plat⁵⁰.

4.2.2

Une glaçure alcalino-plombeuse

L'épaisseur de la pellicule vitreuse au-dessus de la zone de réaction ne varie que très peu et oscille autour de 71 µm (fig. 11). Hormis quelques rares cristaux reliques de la réaction avec le corps céramique, elle ne contient aucune phase cristalline ni bulle de gaz. Sa composition chimique est dominée par deux oxydes (fig. 9), de silicium (SiO_2) et de plomb (PbO), auxquels s'ajoute une quantité significative d'oxyde de sodium (Na_2O), un peu d'aluminium (Al_2O_3) et de calcium (CaO)⁵¹.

On peut comparer ce résultat avec la formule tournaisienne mentionnée dans la « Nouvelle couverte arrêtée le 7 juillet 1780 »⁵², dont

47 Maggetti/d'Albis/El Korh 2021.

48 Maggetti/d'Albis 2017.

49 Maggetti/Serneels 2014 ; Maggetti 2017.

50 Maggetti/d'Albis 2017.

51 Pour minimiser les effets de contamination dus aux réactions entre glaçure et corps durant la cuisson, nous n'avons analysé qu'une surface située dans la moitié supérieure de la glaçure.

52 Lemaire 1999, 80.

les quantités sont en livres : 225 mine (de plomb) + 225 cristalle + 80 fritte a 130 + 135 fritte a 15 + 180 borax + 50 épluchure (de couverte) + 16 potasse + 8 arcenique + 5 sel amoniac + 7 calcine a 150. C'est une recette complexe, avec beaucoup plus d'ingrédients qu'à Vincennes par exemple⁵³. On se demande à quoi certains ingrédients correspondent : mine de plomb (minium ?), cristalle (silex broyé ?), frites a 130 et a 15 (?), arcenique (arsenic sous quelle forme ?) et sel ammoniac (sous quelle forme ?). Il est donc impossible de calculer la recette originale à partir de l'analyse MEB. À cela s'ajoute le fait que le bore du borax [$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$] ne peut pas être quantifié au MEB. En revanche, certaines indications prudentes sur la recette originale peuvent être tirées du résultat de l'analyse de la glaçure. Un ajout de calcine, c'est-à-dire du mélange de plomb et d'étain calciné, peut être exclu, puisqu'aucun oxyde d'étain (SnO_2) n'a été détecté. Cela s'applique également à l'arsenic.

Les fortes teneurs en silice et en plomb s'expliquent par la grande quantité de sable (quartz) et de minium ou litharge (mine de plomb) dans la recette de la glaçure.

L'oxyde de sodium (Na_2O) est présent avec une teneur significative de 6 % du poids. Il correspond très probablement au sel de mer (NaCl) utilisé pour la glaçure Si-Pb, car du chlore fut aussi détecté dans l'analyse (fig. 9). Mais on ne peut exclure la mise en œuvre d'une certaine quantité de soude d'Alicante. Pour ce qui concerne la signification de la teneur en Na_2O , il faut tenir compte de deux éléments : (1) de la décomposition du sel durant le frittage du mélange constituant la glaçure, suivi de l'évaporation du sodium et du chlore pendant ce processus et ensuite aussi pendant la cuisson de la glaçure ; et (2) des phénomènes de contamination de la glaçure par des réactions avec le corps céramique.

Le potassium (oxyde de potassium K_2O , fig. 9) pourrait provenir de la potasse mentionnée dans la recette de la glaçure.

L'aluminium, le calcium, le magnésium et les autres oxydes (une partie du K_2O ?) pourraient éventuellement dériver d'un sable impur, contenant une certaine quantité de minéraux argileux et de grains carbonatés. Puisque le sable devait être aussi pur que possible, une

autre explication est plus probable. Des cuissons expérimentales ont en effet démontré que l'aluminium d'un substrat kaolinitique précuit migre sur une distance de 150-200 μm dans la glaçure plombifère⁵⁴. Il est donc pensable qu'une grande partie – si ce n'est pas l'ensemble – de l'aluminium, du calcium et probablement aussi d'autres éléments chimiques puisse bien avoir été importée dans la glaçure par ces réactions de haute température avec le corps céramique. En effet, l'épaisseur maximale de la glaçure analysée est partout inférieure à 71 μm , donc dans la limite d'une possible contamination par l'aluminium du substrat. Il est par conséquent fort probable que l'analyse chimique de la glaçure, même si elle fut effectuée sur une zone éloignée du corps, ne reflète plus la composition de la recette initiale.

5

Une porcelaine bien différente de celles d'Arras et de Sèvres

5.1

Des compositions chimiques reflétant les recettes

Bien qu'il existe des analyses de toutes les manufactures importantes de porcelaine pâte tendre en France, la plupart d'entre elles ne sont que d'une utilité limitée. Les résultats anciens obtenus par la microsonde⁵⁵ sont à écarter, car ils reposent sur une méthodologie très douteuse⁵⁶. Les analyses plus anciennes de la porcelaine pâte tendre des manufactures de Vincennes et Sèvres⁵⁷, bien que meilleures, ne servent que pour une première approximation,

53 Brongniart 1844, vol. 2, 461 ; D'Albis 1983, 298.

54 Molera et al. 2001 ; Vendrell et al. 2006.

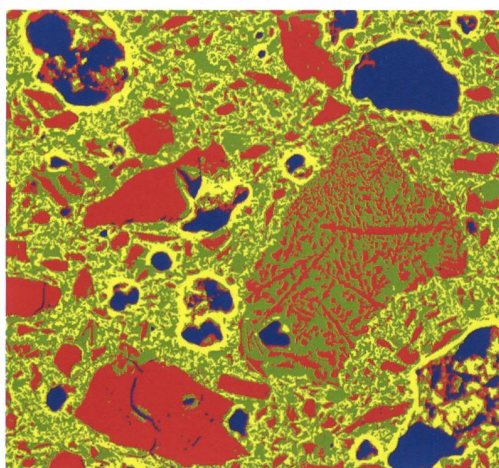
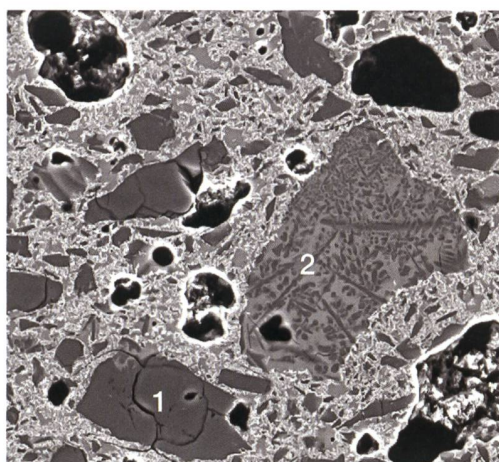
55 Kingery/Smith 1985 (St. Cloud, Chantilly, Vincennes, Sèvres, Tournai).

56 Kingery/Smith 1985, 274 : « Since the body composition is nonuniform, areas free of quartz/cristobalite were analyzed. The overall composition was then determined by adding in the SiO_2 content determined by point-counting the fraction of cristobalite/quartz particles evidenced ». Les résultats des parties libres de quartz, cristobalite (y compris la tridymite) sont exprimés en % poids, les résultats du comptage ponctuel en % volume. Kingery/Smith n'ont pas indiqué comment les % volume ont été transformés en % poids.

57 Salvétat 1857, 386 ; D'Albis 1985 ; Treppoz/d'Albis 1987 ; voir Maggetti/d'Albis 2017.

12 Image au microscope électronique à balayage en mode électrons rétro-diffusés (MEB-MET) de l'échantillon SEV 1 (en haut) et même endroit après la segmentation (en bas) : 1 grain relique, probablement de quartz ; 2 grain avec baguettes de tridymite néoformées dans la matrice vitreuse. La largeur de chaque photo correspond à 210 microns.

- Pore
- Crist./Quartz/Trid.
- Verre
- Wollastonite



car il y manque des oxydes et des éléments chimiques importants. Il ne reste donc que deux analyses chimiques récentes, celles d'Arras⁵⁸ et de Sèvres⁵⁹, avec lesquelles la composition chimique du corps céramique de Tournai peut être comparée (fig. 8). Les différences avec Arras ne sont pas très grandes. La plus faible teneur en aluminium (Al) et en zirconium (Zr) de la porcelaine de Tournai s'explique par un sable plus pur (moins de minéraux argileux et de zircon). La teneur en sodium significativement plus élevée montre que dans la recette de Tournai, le dosage du fondant devait être plus élevé qu'à Arras. Les différences avec Vincennes/Sèvres s'expliquent facilement par les variations de recettes (fig. 3). Nous en mentionnons quelques-unes à titre d'exemple. La proportion significativement plus élevée de sable dans la fritte de Tournai se traduit par un oxyde de silicium (SiO_2) plus élevé. Pour Vincennes/Sèvres, les teneurs plus élevées en gypse et en craie ont pour

résultat des teneurs plus élevées en oxyde de calcium (CaO). Ceci s'applique également à l'ajout important de salpêtre (KNO_3), qui conduit à une teneur plus élevée en potassium.

5.2

Des quantités de phases reflétant des recettes et des procédures techniques différentes

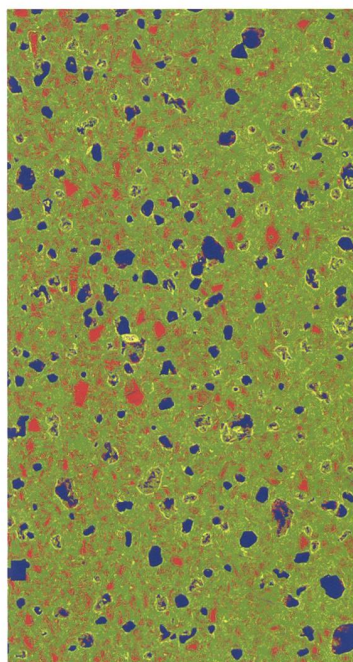
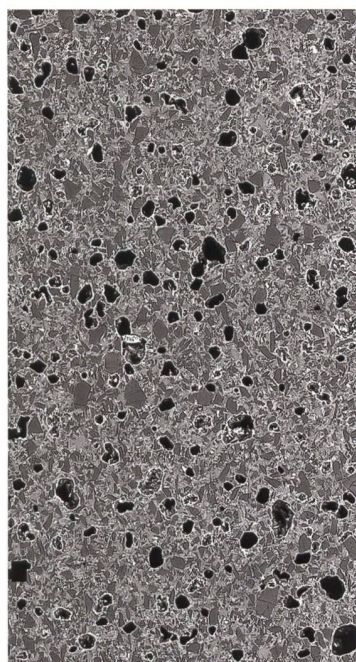
Après la segmentation, les différentes phases d'une porcelaine se reconnaissent facilement grâce à leurs fausses couleurs, comme le montre le détail de l'échantillon SEV1 (fig. 12, en bas). Les pores sont bleus, les cristaux d'oxyde de silicium (SiO_2) rouges, la matrice vitreuse verte et les wollastonites jaunes. L'identification et la différenciation des trois phases de l'oxyde de silicium (SiO_2) ne sont pas simples en raison de leur formule chimique identique, donnant les mêmes valeurs de gris dans l'image MEB-MER. Les quartz reliques du sable fritté (fig. 3), détectés par DRX, pourraient être contenus dans les grains anguleux, souvent associés à une fissure due au changement structural α - β lors des passage à 573°C (fig. 12, en haut, 1). Les tridymites identifiées par DRX sont plus susceptibles d'être les cristaux à petit grain ou en forme de longues aiguilles contenus dans un grain vitreux anguleux (fig. 12, en haut, 2). Leur disposition arborescente est typique d'une cristallisation rapide (trempe) à partir du mélange fondu lors du refroidissement du four.

La segmentation a révélé une composition quantitative similaire pour les porcelaines d'Arras et de Tournai, comme le montrent aisément leurs histogrammes (fig. 13). Par contre, selon les analyses DRX, la porcelaine d'Arras contient de la cristobalite au lieu de la tridymite⁶⁰. Dans la microstructure aussi, la porcelaine de Tournai diffère de celle d'Arras par ses pores beaucoup plus grands et une porosité globale plus élevée (fig. 14). Dans leur ensemble, les teneurs quantitatives comparables des deux porcelaines plaident pour des recettes similaires. Mais les différences microstructurales et

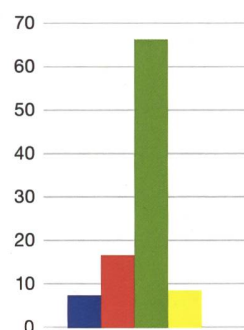
58 Maggetti/d'Albis/El Korh 2021.

59 Maggetti/d'Albis 2017.

60 Maggetti/d'Albis/El Korh 2021, 35, donnent une explication.

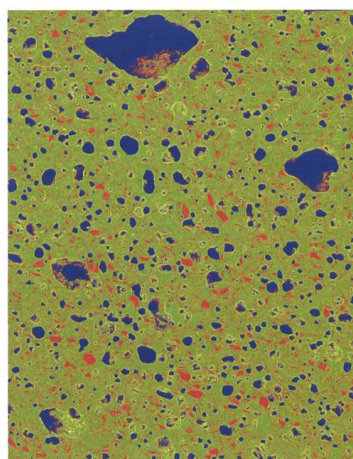
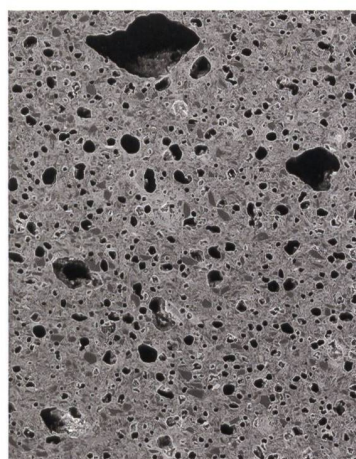


Arras (%)

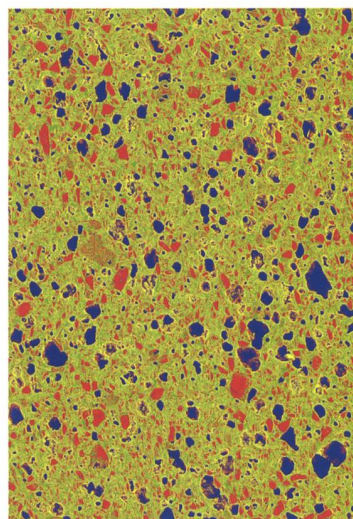
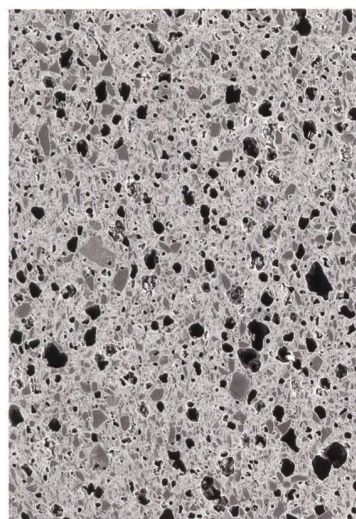
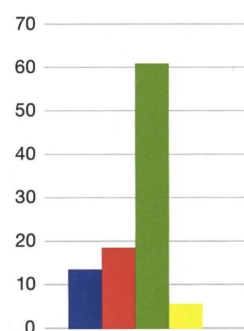


13 Comparaison des images au microscope électronique à balayage (MEB) des échantillons de porcelaine pâte tendre d'Arras (ARR 1), de Tournai (BER 19) et de Sèvres (SEV 1), aux mêmes endroits avant (à gauche) et après la segmentation (à droite). Dimensions des images : ARR 1 1,32 × 0,562 mm ; BER 19 1,63 × 1,25 mm ; SEV 1 1,50 × 1,01 mm. Histogrammes des phases en % volume.

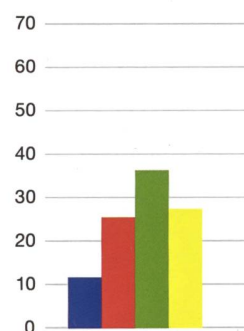
■ Pore
■ Crist./Quartz/Trid.
■ Verre
■ Wollastonite



Tournai (%)



Sèvres (%)



Résultats des analyses quantitatives des phases

Phase	Sèvres (1781) SEV 1	Arras (1770-1790) ARR 1	Tournai (1756-1832) BER 19
Cristobalite, Quartz, Tridymite	24,9	16,7	19,1
Wollastonite	27,1	8,6	6,3
Verre	36,8	67,1	60,9
Pore	11,2	7,6	13,7
total	100,0	100,0	100,0

14 Résultats des analyses quantitatives des phases des échantillons de porcelaine pâte tendre de Sèvres (SEV 1), d'Arras (ARR 1) et de Tournai (BER 19).

minéralogiques sont des signes que les procédures techniques⁶¹ étaient bien différentes d'une manufacture à l'autre.

La porcelaine de Sèvres, en revanche, présente des pores de taille comparable, mais nettement plus de phases d'oxyde de silicium (SiO₂) et de wollastonite, et beaucoup moins de verre que les deux autres porcelaines. Cela ne peut s'expliquer que dans une faible mesure par les différences de recette. Par exemple, en raison de la teneur plus faible en SiO₂ de la porcelaine de Sèvres, on s'attendrait également à moins de phases SiO₂, ce qui n'est pas le cas. Au cours des réactions chimiques lors de la cuisson d'une porcelaine, de nouveaux cristaux (par ex. cristobalite, wollastonite) et une fonte se forment, cette dernière se solidifiant en verre lors du refroidissement. Ce verre est un signe que la durée de la cuisson n'a pas été assez longue pour le transformer complètement en cristaux. Il est donc en déséquilibre thermodynamique, car une porcelaine en équilibre thermodynamique ne contient que des phases cristallines et pas de verre⁶². Si la cuisson avait duré plus longtemps,

ce qui n'est jamais le cas dans l'industrie pour des raisons économiques, la fonte aurait cristallisé complètement et il n'y aurait plus de verre dans le produit final.

Visiblement, nos trois porcelaines n'ont pas atteint l'équilibre thermodynamique, car elles contiennent encore du verre. En revanche, la porcelaine de Sèvres se distingue des deux autres par une teneur nettement plus élevée en phases cristallines et plus basse en verre. On peut donc en conclure qu'elle est somme toute beaucoup plus proche de l'équilibre thermodynamique que celle d'Arras et de Tournai. Cela est dû à la teneur plus élevée en fondant de la porcelaine de Sèvres d'une part, mais très probablement aussi à un processus de préparation et de cuisson différent d'autre part. Il est bien connu que des taux élevés de fondant accélèrent considérablement les réactions chimiques durant la cuisson. La granulométrie des matières premières joue également un rôle majeur, car plus les matières sont broyées finement, plus les réactions ont lieu rapidement. Enfin, une cuisson plus longue est une condition essentielle pour s'approcher de l'équilibre thermodynamique. Pour Arras et Tournai, les détails de leurs procédures de préparation et de cuisson nous échappent. Les processus de Sèvres ne sont pas non plus exactement connus. On sait toutefois que la manufacture royale de Sèvres utilisait un four très spécial et observait des paliers de cuisson excessivement longs de trois à quatre jours⁶³.

61 Par ex. recette, température de cuisson, durée de la cuisson.

62 Pour plus de détails sur l'équilibre thermodynamique, voir <https://fr-academic.com/dic.nsf/frwiki/1779439>.

63 Maggetti/d'Albis 2017, 348-350 ; Maggetti/d'Albis/El Korh 2021, 35.

Résumé

Un fragment de porcelaine pâte tendre de Tournai (BE) provenant des fouilles de 2004-2006 à la Brunngasshalde à Berne a été examiné à l'aide de méthodes chimiques et minéralogiques. Il provient d'une assiette au décor bleu sous glaçure « au ronda » typique de Tournai. La composition chimique du tesson correspond bien à la recette riche en calcium (Ca) et en silicium (Si) transmise par cette manufacture de porcelaine. Minéralogiquement, la porcelaine est constituée de quartz, de tridymite et de wollastonite. Les cristaux sont logés dans une matrice vitreuse qui contient également des pores plus gros et fermés. La composition originale du mélange de glaçure alcalino-plombeuse ne peut être comparée à une recette de glaçure traditionnelle de 1780 que dans une mesure limitée, car les études micromorphologiques témoignent d'un échange chimique intense entre la glaçure liquide et le corps du tesson lors de la cuisson. Les compositions quantitatives des phases des porcelaines pâte tendre des manufactures d'Arras (FR), Tournai et Sèvres (FR), présentées ici pour la première fois, montrent que les deux premières utilisèrent des mélanges similaires, mais des procédés de fabrication quelque peu différents, contrairement à la manufacture royale de Sèvres, qui opérait avec des teneurs en flux plus élevées et de meilleures procédures techniques (par exemple préparation des matières premières, conduite de la cuisson, fours avec une meilleure répartition de la température). L'enquête montre de manière paradigmatique que la qualité d'une céramique dépend non seulement de la recette, mais aussi dans une large mesure de la qualité du processus de fabrication (y compris la cuisson).

Zusammenfassung

Ein Fragment eines Frittenporzellans aus Tournai (BE) von den Ausgrabungen 2004–2006 an der Brunngasshalde in Bern wurde mit chemischen und mineralogischen Methoden untersucht. Es stammt von einem Teller mit dem für Tournai typischen blauen Unterglasurdekor « au ronda ». Die chemische Zusammensetzung des Scherbenkörpers passt gut zur überlieferten kalziumreichen (Ca) und siliziumreichen (Si) Rezeptur dieser Porzellanmanufaktur. Mineralogisch besteht das Porzellan aus Quarz, Tridymit und Wollastonit. Die Kristalle liegen in einer glasigen Matrix, die zusätzlich grössere, geschlossene Poren enthält. Die gemessene Zusammensetzung der Alkali-Blei-Glasurmischung kann nur bedingt mit einem tradierten Glasurrezept von 1780 verglichen werden. Denn mikromorphologische Studien belegen einen intensiven chemischen Austausch zwischen der flüssigen Glasur und dem Scherbenkörper während des Brandes. Die hier erstmalig vorgelegten quantitativen Phasengehalte von Frittenporzellanen der Manufakturen Arras (FR), Tournai und Sèvres (FR) zeigen, dass die zwei ersten mit ähnlichen Glasurmischungen, aber mit leicht differierenden Herstellungsprozessen operierten, dies im Gegensatz zur königlichen Manufaktur von Sèvres, die mit höheren Flussmittelgehalten und besseren Herstellungsprozessen operierte (beispielsweise Aufbereitung der Rohstoffe, Brandführung, Brennöfen mit besserer Temperaturverteilung). Die Untersuchung zeigt beispielhaft, dass die Qualität einer Keramik nicht nur von der Rezeptur abhängt, sondern wesentlich auch von der Qualität des Herstellungsprozesses einschliesslich des Brandes.

Bibliographie

Blanc 2007a

Claire Blanc, Étude archéométrique de la faïence-rie du Sauvage, Fribourg (1758-1810). Thèse de doctorat non publiée, Université de Fribourg. Fribourg 2007.

Blanc 2007b

Claire Blanc, Étude archéométrique. In : Marino Maggetti (éd.), La faïence de Fribourg (1753-1844). Dijon 2007, 82-125.

Brongniart 1844

Alexandre Brongniart, Traité des arts céramiques ou Des poteries considérées dans leur histoire, leur pratique et leur théorie. Paris 1844.

Colomban et al. 2004

Philippe Colomban et al., Identification des porcelaines « tendres » du 18^e siècle par spectroscopie Raman : Saint-Cloud, Chantilly, Mennecey et Vincennes/Sèvres. Revue d'Archéométrie 28, 2004, 153-167.

D'Albis 1983

Antoine d'Albis, Procédés de fabrication de la porcelaine tendre de Vincennes d'après les livres de Hellot. Faenza LXIX, 1983, 202-215.

D'Albis 1984a

Antoine d'Albis, Zur Frühzeit der Porzellanmanufaktur Vincennes. Keramos 105, 1984, 3-16.

D'Albis 1984b

Antoine d'Albis, Les premières années de la manufacture de porcelaine de Vincennes. Faenza LXX, 1984, 479-491.

D'Albis 1985

Antoine d'Albis, Steps in the manufacture of the soft-paste porcelain of Vincennes, according to the books of Hellot. In : W. David Kingery (éd.), Ancient Technology to Modern Science. Ceramics and Civilization I. Columbus 1985, 257-271.

D'Albis 1988

Antoine d'Albis, Le secret de Gravant. Vincennes de 1745 à 1751. Faenza LXXIV, 1988, 59-71.

D'Albis 1999a

Antoine d'Albis, Methods of Manufacturing Porcelain in France in the Later Seventeenth and Early Eighteenth Centuries. In : Bertrand Rondot (éd.), Discovering the Secrets of Soft-Paste Porcelain at The Saint-Cloud Manufactory ca. 1690-1766. New Haven/London 1999, 35-42.

D'Albis 1999b

Antoine d'Albis, Sèvres 1756-1783. La Conquête de la porcelaine dure. Histoire inédite de la manufacture au XVIII^e siècle. Dossiers de l'Art 54, 1999, 6-116.

D'Albis 1999c

Antoine d'Albis, Essai de définition de la porcelaine. In : Jean Lemaire, La porcelaine de Tournai. Histoire d'une manufacture (1750-1891). Tournai 1999, 60-61.

D'Albis 2001

Antoine d'Albis, Les heureuses coïncidences qui guidèrent Vincennes vers Sèvres. L'Objet d'Art 364, 2001, 60-67.

D'Albis 2003

Antoine d'Albis, Traité de la porcelaine de Sèvres. Dijon 2003.

D'Albis 2015

Antoine d'Albis, Un plat d'entrée de première grandeur du service à fond vert livré au banquier Jean-Joseph de Laborde (1724-1794). Sèvres. Revue de la Société des Amis du Musée national de céramique 30, 2021, 40-57.

D'Albis 2021

Antoine d'Albis, Service de Louis XV. Four continu de Gérin et lettres-dates. Sèvres. Revue de la Société des Amis du Musée national de céramique 24, 2015, 41-47.

D'Albis/Biancalana 2008

Antoine d'Albis et Alessandro Biancalana, Un voyage à Paris de Bartolomeo Ginori en 1771. Sèvres. Revue de la Société des Amis du Musée national de céramique 17, 2008, 151-161.

De Plinval de Guillebon 1995

Régine de Plinval de Guillebon, Faïence et porcelaine de Paris XVIII^e-XIX^e siècles. Dijon 1995.

Ericson et al. 1961

David B. Ericson et al., Atlantic Deep-Sea Sediments Cores. Geological Society of America Bulletin 72/2, 1961, 193-285.

Goemaere/Declercq 2013

Eric Goemaere et Pierre-Yves Declercq, La derle : l'emblématique richesse andennaise. In : Renée Sloodmaekers (éd.), La faïence fine andennaise, influences et concurrences. Collection du Patrimoine culturel 4. Bruxelles 2013, 14-18.

Heege 2010

Andreas Heege, Keramik um 1800. Das historisch datierte Küchen- und Tischgeschirr von Bern, Brunnhaldegasse. Bern 2010.

Heimann 2016

Robert B. Heimann, X-Ray Powder Diffraction (XRPD). In : Alice Hunt (éd.), The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis. Oxford 2016, 327-341.

Heimann/Maggetti 2014

Robert B. Heimann et Marino Maggetti, Ancient and Historical Ceramics: Materials, Technology, Art, and Culinary Traditions. Stuttgart 2014.

Kingery/Smith 1985

W. David Kingery et David Smith, The development of European soft-paste (Frit) porcelain. In : W. David Kingery (éd.), Ancient technology to modern science. Ceramics and Civilization I. Columbus 1985, 273-292.

Le Duc/de Plinval de Guillebon 1991

Geneviève Le Duc et Régine de Plinval de Guillebon, Contribution à l'étude de la manufacture de faïence et de porcelaine de Saint-Cloud pendant ses cinquante premières années. Keramik-Freunde der Schweiz. Mitteilungsblatt 105, 1991, 3-53.

Lemaire 1999

Jean Lemaire, La Porcelaine de Tournai. Histoire d'une manufacture (1750-1891). Tournai 1999.

Maggetti 2013

Marino Maggetti, La tuilerie-faïencerie de Granges-le-Bourg: analyses archéométriques de la céramique. In: Marino Maggetti, Denis Morin et Georges Rech (éd.), Deuxième table ronde franco-suisse: Faïences et faïenceries de l'arc jurassien et ses marges. Procédés techniques et décors. L'apport des sources et de l'archéologie. Actes du colloque Vesoul 24-25.10.2009. Vesoul 2013, 33-57.

Maggetti 2015

Marino Maggetti, Naturwissenschaftliche Charakterisierung von Fayencen aus Fulda. In: Georg Stasch, Made in FD, Spitzentechnologie aus der Fuldaer Fayence-Manufaktur (1741-1760). Ausstellungskatalog 13. März-31. Mai 2015, Vonderauseum. Fulda 2015, 125-154.

Maggetti 2017

Marino Maggetti, Technologische Analyse eines frühen (1800-1906) Matzendorfer Steinguts. Keramik-Freunde der Schweiz. Mitteilungsblatt 131, 2017, 105-121.

Maggetti 2019

Marino Maggetti, Der Rüdlinger Kachelofen. Naturwissenschaftliche Analyse des 1681/1682 datierten Ofens des Winterthurer Hafners Abraham Pfau. Keramik-Freunde der Schweiz. Mitteilungsblatt 133, 2019, 15-66.

Maggetti 2020

Marino Maggetti, Zwei Winterthurer Fayencen des ausgehenden 17. Jahrhunderts und ihre naturwissenschaftliche Analyse. Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte 77/1, 2020, 23-34.

Maggetti/Galetti 2000

Marino Maggetti et Giulio Galetti, Naturwissenschaftliche Analyse der Fayence von Matzendorf. In: 200 Jahre keramische Industrie in Matzendorf und Aedermannsdorf 1798-1998. Matzendorf 2000.

Maggetti/d'Albis 2017

Marino Maggetti et Antoine d'Albis, Phase and compositional analysis of a Sèvres soft paste porcelain plate from 1781, with a review of early porcelain techniques. European Journal of Mineralogy 29, 2017, 347-367.

Maggetti/Serneels 2014

Marino Maggetti et Vincent Serneels, Étude archéométrique des terres blanches (faïences fines) des manufactures de Carouge, Jussy, Nyon et Turin. Keramik-Freunde der Schweiz. Mitteilungsblatt 131, 2014, 158-222.

Maggetti/Morin/Serneels 2009

Marino Maggetti, Denis Morin et Vincent Serneels, High-Mg faïences from Granges-le-Bourg (Haute-Saône, France). In: Katalin Biro, Veronika Szilagyi et Attila Kreiter (éd.), Vessels: Inside and outside. Proceedings of the conference EMAC'07, 9th European Meeting on Ancient Ceramics, 24-27 October 2007. Budapest 2009, 207-216.

Maggetti et al. 2015

Marino Maggetti et al., Les catelles de trois poêles du XVIII^e siècle de la maison Grand-Rue 59 à Fribourg. Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles 104, 2015, 74-113.

Maggetti/d'Albis/El Korh 2021

Marino Maggetti, Antoine d'Albis et Afif El Korh, Le Bleu d'Arras. Sèvres. Revue de la Société des Amis du Musée National de Céramique 30, 2021, 28-39.

Mancini/Dupont-Logié/Colomban 2016

Diana Mancini, Cécile Dupont-Logié et Philippe Colomban, On-site identification of Sceaux porcelain and faïence using a portable Raman instrument. Ceramics International 42/13, 2016, 14918-14927, dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.06.132.

Meister/Reber 1980

Wilhelm Meister et Horst Peter Reber, La porcelaine européenne du XVIII^e siècle. Fribourg 1980.

Molera et al. 2001

Judit Molera et al., Interactions between clay bodies and lead glazes. Journal of the American Ceramic Society 84/5, 2001, 120-128.

Pelletier 1990

Monique Pelletier, La carte de Cassini. L'extraordinaire aventure de la carte de France. Paris 1990.

Préaud/d'Albis 1991

Tamara Préaud et Antoine d'Albis, La Porcelaine de Vincennes. Paris 1991.

Salvétat 1857

Alphonse Salvétat, Leçons de céramique professées à l'École Centrale des Arts et Manufactures, ou technologie céramique, comprenant les notions de Chimie, de Technologie et de Pyrotechnie applicables à la fabrication, à la synthèse, à l'analyse, et à la décoration des poteries. 2 vol. Paris 1857.

Soudée Lacombe 2006

Chantal Soudée Lacombe, L'apparition de la porcelaine tendre à Rouen chez les Poterat, l'hypothèse protestante? Sèvres. Revue de la Société des Amis du Musée national de céramique 15, 2006, 29-35.

Thierrin-Michael 2016

Gisela Thierrin-Michael, Archäometrische Untersuchung. In: Eva Roth-Heege et Gisela Thierrin-Michael, Oberaltstadt 3/4. Eine Töpferei des 16. Jahrhunderts und die Geschichte der Häuser. Archäologie der Stadt Zug 2, 83-106.

Treppoz/d'Albis 1987

Françoise Treppoz et Antoine d'Albis, Identification de différents types de porcelaines anciennes, à l'aide de l'analyse par diffraction-X. Faenza LXXXIII, 1987, 40-63.

Turekian/Wedepohl 1961

Karl Karekin Turekian et Karl Hans Wedepohl, Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. Geological Society America Bulletin 72/2, 1961, 175-192.

Vendrell et al. 2006

Marius Vendrell-Saz et al., Islamic and Hispano-Moresque (mudejar) lead glazes in Spain: a technological approach. In: Marino Maggetti et Bruno Messiga (éd.), Geomaterials in Cultural Heritage. London 2006, 163-173.