



HAL
open science

Les perles en verre de Mathay, typologie et composition

Bernard Gratuze

► **To cite this version:**

Bernard Gratuze. Les perles en verre de Mathay, typologie et composition : Annexe 1 : Analyses des perles en verres 233-254 et Annexe 3 : Analyse des objets en or 257-260. Jean François Piningre; Véronique Ganard. Parures cérémonielles en France orientale au Bronze final. Le dépôt de Mathay (Doubs), Supplément à la Revue archéologique de l'Est, Collection Art, Archéologie et Patrimoine (53), Editions Universitaires de Dijon, Société Archéologique de l'Est, pp.88-97, 233-254, 257-260, 2021, Collection Art, Archéologie et Patrimoine, 978-2-36441-421-1. hal-03482935

HAL Id: hal-03482935

<https://hal.science/hal-03482935>

Submitted on 6 Jan 2022

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

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

Bernard Gratuze. Les perles en verre de Mathay, typologie et composition 88-97 : Annexe 1 : Analyses des perles en verres 233-254 et Annexe 3 : Analyse des objets en or 257-260. In : Jean François Piningre; Véronique Ganard (Eds.). Parures cérémonielles en France orientale au Bronze final. Le dépôt de Mathay (Doubs), Supplément à la Revue archéologique de l'Est, Collection Art, Archéologie et Patrimoine (53), Editions Universitaires de Dijon, Société Archéologique de l'Est, pp.88-97, 233-254, 257-260, 2021, Collection Art, Archéologie et Patrimoine,

ISBN 978-2-36441-421-1

Texte principal

Chap 3.8.1 Les perles en verre de Mathay : typologie et composition p. 88-97 de l'ouvrage

Les perles en verre de Mathay, typologie et composition

Bernard Gratuze

IRAMAT-CEB, UMR 5060 CNRS/Université d'Orléans, 3D rue de la Férollerie, F-45071 Orléans cedex 2, gratuze@cnsr-orleans.fr

Trois grosses perles en verre bleu turquoise, de forme quadrangulaire et décorées de quatre nodosités stratifiées bleues et blanches (type 22, Bellintani et Stephan 2009), et 1048 petites perles annulaires en verre monochrome (type 1 avec variantes 1-1, 1-2, Bellintani et Stephan 2009) ont été retrouvées au sein du dépôt de Mathay (Pinningre et al. 2013). Les modules des petits anneaux sont très variables : sur un échantillonnage de 97 perles, les diamètres varient de 2,5 à 6 mm, les épaisseurs de 1 à 3 mm et les masses de 8 à 90 mg (masse moyenne de 30 mg). Cinq perles annulaires ont une couleur bleu foncé (type 1-1), les autres sont bleu turquoise (type 1-2). Les perles à nodosités ont un module plus constant : 10 à 13 mm de côté, 5 à 7 mm d'épaisseur et une masse de 0,9 à 1,1 g. Les données métrologiques des perles annulaires sont données en annexe.

A ce jour, plus de 600 petites perles annulaires en verres de l'Age du Bronze final retrouvées sur près de 70 sites archéologiques ont été analysées au centre Ernest Babelon (Gratuze et Billaud 2014). Sur la plupart des sites, les découvertes ne comprennent que quelques perles (1 à 5). Seul quelques-uns totalisent plus de 20 perles (Dolwing et Sierentz 72, Bringairret 70, Baume-Layrou 69, Laprades 46, Kunheim 38, Gouaix 34, Saint Girons 27). La découverte du site de Mathay nous a ainsi donné l'opportunité d'étudier un corpus important et représentatif de ces petites perles de verres importées pour la plupart à partir des ateliers de l'Italie du Nord à l'Age du Bronze final. On peut supposer que les perles retrouvées à Mathay ont été fabriquées et importées sur un intervalle de temps assez court et qu'elles ont atteint la population de l'Age du Bronze vivant dans cette région au même moment. Elles devraient ainsi nous permettre d'étudier la variabilité de compositions des productions des artisans Nord-italiens sur une période brève.

La composition de 151 perles annulaires et 2 perles à nodosités a été déterminée par LA-ICP-MS lors de trois campagnes d'analyse (Tabs. 1 et 3, seules les compositions moyennes sont données dans le tableau 3, l'ensemble des résultats obtenus est donné en annexe).

La première campagne d'analyses a concerné 97 perles annulaires provenant des lots 33855-321 et 33856-339 et deux perles à nodosité : 33838-57 et 33840-79. Les résultats obtenus sur les perles annulaires ont mis en évidence leur répartition au sein de 4 groupes de compositions différentes (sodo-potassiques, potassiques, sodo-potassiques magnésiennes et sodo-calciques) comportant respectivement 80/15/1/1 perles. L'observation microscopique de ces différents 'types chimiques' de perles a permis de mettre en évidence une corrélation entre la composition et l'aspect du verre utilisé pour leur fabrication (Fig. 1, morphologie principalement liée au mode de corrosion).

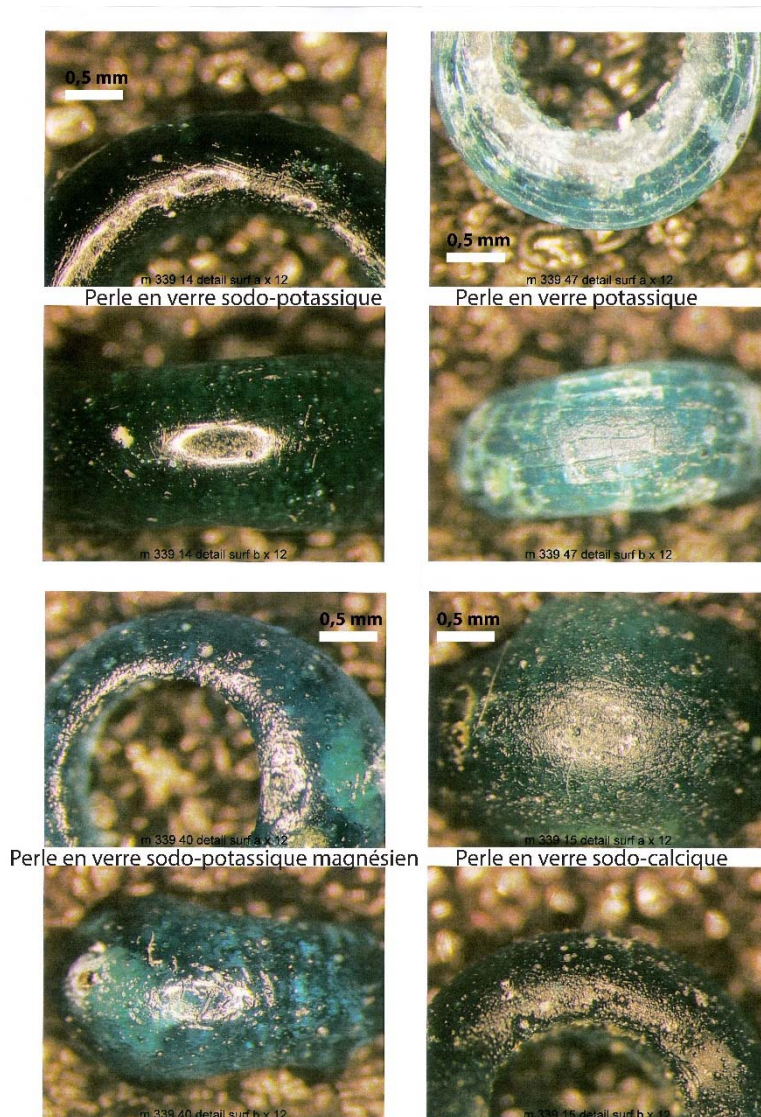



Figure 1 : Aspect des différents types chimiques de perles identifiés au sein du premier lot analysé

A la suite de ces résultats, un examen visuel a été effectuée sur les 1048 perles annulaires du dépôt afin d'identifier la présence d'autres perles présentant les caractéristiques de celles des deux groupes minoritaires. Cette étude a permis de sélectionner 14 perles présentant un aspect particulier pour une étude par fluorescence X et de quantifier la répartition des perles au sein des deux groupes majoritaires. Parmi les quatorze perles sélectionnées (1 du lot 33845-160, 2 du lot 33846-181, 1 du lot 33850-260, 4 du lot 33851-271, 2 du lot 33852-286, 4 du lot 33853-294), les analyses par fluorescence X ont permis d'en isoler quatre qui pouvaient être rapprochées des deux groupes chimiques minoritaires (1 du lot 33845-160, 1 du lot 33851-271, 2 du lot 33853-294). Ces quatre perles ont ensuite été analysées par LA-ICP-MS lors d'une deuxième campagne.

Afin de confirmer les résultats obtenus, et de mieux quantifier la variabilité des deux groupes majoritaires, une dernière campagne d'analyse a ensuite été menée sur 50 perles, choisies après examen visuel au sein de 4 lots choisis arbitrairement (33854-302,-307,-308 et -309).

Tableau 1 : perles en verre étudiées provenant du site de l'Age du Bronze Final de Mathay

No d'inv.	Description	
33838-57	Perle annulaire bleue à 4 nodosités blanches et bleues	
33840-79	Perle annulaire bleue à 4 nodosités blanches et bleues, une des nodosités est séparée du corps de la perle	
33845-160	1 perle annulaire bleue	
33851-271	1 perle annulaire bleue	
33853-294	2 perles annulaires bleues (294a et b) dans un lot de 53	
33854-302	10 perles annulaires bleues (302a à 302j) dans un lot de 66 plus 2 fragments	
33854-307	20 perles annulaires bleues (307a à 307t) dans un lot de 93	
33854-308	10 perles annulaires bleues (308a à 308j) dans un lot de 27	
33854-309	10 perles annulaires bleues (309a à 309j) dans un lot de 30	
33855-321	50 perles annulaires bleues	
33856-339	47 perles annulaires bleues	

La méthode d'analyse des perles

Les objets étudiés ont tous été analysés par LA-ICP-MS (spectrométrie de masse à plasma avec prélèvement par ablation laser) au centre Ernest-Babelon (IRAMAT, UMR C5060 CNRS/Université d'Orléans).

Cette méthode est particulièrement bien adaptée aux objets composites ou de petite taille comme les perles. Lors de l'analyse, ces dernières sont placées à l'intérieur d'une cellule d'ablation équipée d'une fenêtre en quartz. Un micro-prélèvement, invisible à l'œil nu, est effectué par un rayon laser. La matière prélevée (quelques microgrammes) est transportée vers une torche à plasma par un flux gazeux d'argon ou d'argon et d'hélium. La haute température du plasma (8000 °C) dissocie et ionise la matière, dont les différents constituants sont identifiés selon leur masse. Un détecteur électronique permet leur quantification. L'étude des objets est réalisée sans aucune préparation de l'échantillon (Gratuze 2013 ; 2014 et 2016).

La composition des objets protohistoriques en verres

L'ensemble des études effectuées sur les objets de parure en faïence et en verre de l'âge du Bronze et de l'âge du Fer a permis de mettre en place une classification qui établit une relation entre la composition chimique du verre, les aires de production de ce matériau et la chronologie des objets (Sayre et Smith 1961 ; Billaud et Gratuze 2002 ; Foy *et al.* 2003 ; Angelini *et al.* 2019).

La faïence, matériau précurseur du verre, apparaît au Proche-Orient au cours du IV^e millénaire av. n. ère, tandis que les premiers verres apparaissent au milieu du III^e millénaire av. n. ère. Il faudra attendre cependant le milieu du II^e millénaire pour que le travail du verre soit parfaitement maîtrisé. Les perles en faïence apparaissent en Europe occidentale entre la fin du Néolithique et le début de l'âge du Bronze ancien, alors que les premiers objets en verre n'apparaissent qu'à l'âge du Bronze moyen, vers le XIV^e siècle av. n. ère. En Italie du nord, la fabrication de la faïence semble être attestée entre la fin du III^e millénaire et le début du II^e millénaire, et celle du verre vers la fin du II^e millénaire (Bellintani 1997 ; Angelini *et al.* 2004 et 2019). On observe ensuite une croissance continue du nombre de découvertes d'objets de parure en verre entre le début de l'âge du Bronze moyen et la fin du second âge du Fer.

Pour la Protohistoire, les objets en verre retrouvés en Europe occidentale et dans le Bassin méditerranéen peuvent être répartis en trois principales familles chimiques (Tab. 2), selon le type de fondant qui a été utilisé : fondants issus de dépôts minéraux ou de cendres de plantes. Au sein de ces familles, différents sous-groupes peuvent être identifiés en fonction des agents vitrifiants (silice issue de sables plus ou moins purs ou de quartz) et des adjuvants (colorants et opacifiants) employés. En croisant les données issues de l'archéologie et de l'analyse, on observe que ces compositions correspondent à des zones de production et se succèdent dans le temps. Nous distinguerons ainsi successivement :

- les verres calco-sodiques à cendres de plantes (soude végétale). Si les premières traces de ce type de verre remontent au milieu du III^e millénaire av. n. è., sa production massive débute vraisemblablement en Mésopotamie et en Egypte vers le milieu de II^e millénaire av. n. ère, soit pendant l'âge du Bronze moyen européen. Ce type de verre caractérise la verroterie égyptienne, mésopotamienne et mycénienne. Sa production semble connaître un déclin, qui s'amorce à partir du X^e siècle av. n. è., pour presque disparaître vers le VIII^e siècle av. n. è. En Europe, cette composition caractérise les perles en verre du Bronze moyen et final. Cette technologie connaîtra un nouvel essor vers la fin du I^{er} millénaire apr. n. è. et caractérise, à partir de cette époque, les productions des centres verriers du littoral méditerranéen.

- les verres sodo-potassiques qui, d'après les données dont on dispose actuellement, sont apparus en Italie du Nord (Frattesina) vers le XI^e siècle av. n. è. Leur production s'arrête vers le VIII^e siècle av. n. è., lorsque les verres calco-sodiques à soude minérale, fabriqués au Proche-Orient, arrivent massivement dans la partie occidentale du Bassin Méditerranéen. Cette composition est caractéristique de la majeure partie des objets de parure en verre du Bronze final que l'on rencontre en Europe occidentale. Les études récentes permettent de distinguer plusieurs sous-groupes chimiques au sein de cet ensemble.

- les verres calco-sodiques à soude minérale (tels les dépôts de natron des lacs égyptiens de la région de Wadi Natrum), dont les premiers exemplaires apparaissent au Proche-Orient entre la fin de II^e millénaire et le début du I^{er} millénaire av. n. è. Cette composition caractérise alors les verres produits en Syro-Palestine et en Egypte. En Europe occidentale, elle est typique des verres retrouvés à partir du début de l'âge du Fer. Bien que les objets fabriqués à partir de ce verre aient une composition chimique relativement stable et homogène de l'âge du Fer à la fin de l'Antiquité, plusieurs sous-groupes peuvent être individualisés au sein de cette famille au cours du Hallstatt et de La Tène. Ceci permet de proposer,

dans certains cas, une datation relative des objets retrouvés hors contexte (Gratuze 2009 ; Cherel et Gratuze 2018).

Tableau 2 : Les trois principaux groupes chimiques de verres de la Protohistoire et de l'Antiquité en fonction des fondants utilisés, teneurs en % pondéraux : soude (Na_2O), potasse (K_2O), chaux (CaO), magnésie (MgO). Les autres constituants principaux sont, pour un verre bleu au cuivre : la silice (SiO_2) 50 à 75 %; l'alumine (Al_2O_3) 0,5 à 5 %; le phosphore (P_2O_5) 0,1 à 3 %; le chlore (Cl) 0,1 à 1,5 %; les oxydes de fer (Fe_2O_3) 0,2 à 2 %, de manganèse (MnO_2) 0,1 à 2% et de cuivre (CuO) 1 à 5 %.

Groupes chimiques	% Na_2O	% MgO	% K_2O	% CaO	Principales périodes de productions	Principaux lieux de production de verre brut connus pour la Protohistoire
Verre calco-sodique à soude végétale (cendres de <i>Salsola</i> sp. ou <i>salicornia</i> sp.)	12 - 18	> 1,5 et > K_2O	> 1,5 et < MgO	4 - 10	Age du Bronze moyen et final jusqu'au début du 1 ^{er} millénaire av. n. ère et après la fin du 1 ^{er} millénaire apr. n. ère	L'Egypte et la Mésopotamie principalement
Verre sodo-potassique	4 - 12	< 0,5	4 - 13 ($\geq \text{Na}_2\text{O}$)	2 - 4	Age du Bronze final	Italie du Nord région de Frattesina
Verre calco-sodique à soude minérale (Natron)	12 - 23	< 1,5	< 1,5	4 - 10	du début du 1 ^{er} millénaire av. n. ère à la fin du 1 ^{er} millénaire apr. n. ère	L'Egypte, Le Levant et peut-être Rhodes

Résultats

La composition des perles

Comme cela a déjà été mentionné, les perles étudiées se répartissent en quatre groupes de composition chimique pour le verre bleu et un groupe pour le verre blanc (Tab. 3, et résultats en annexe et figs. 2 et 3).

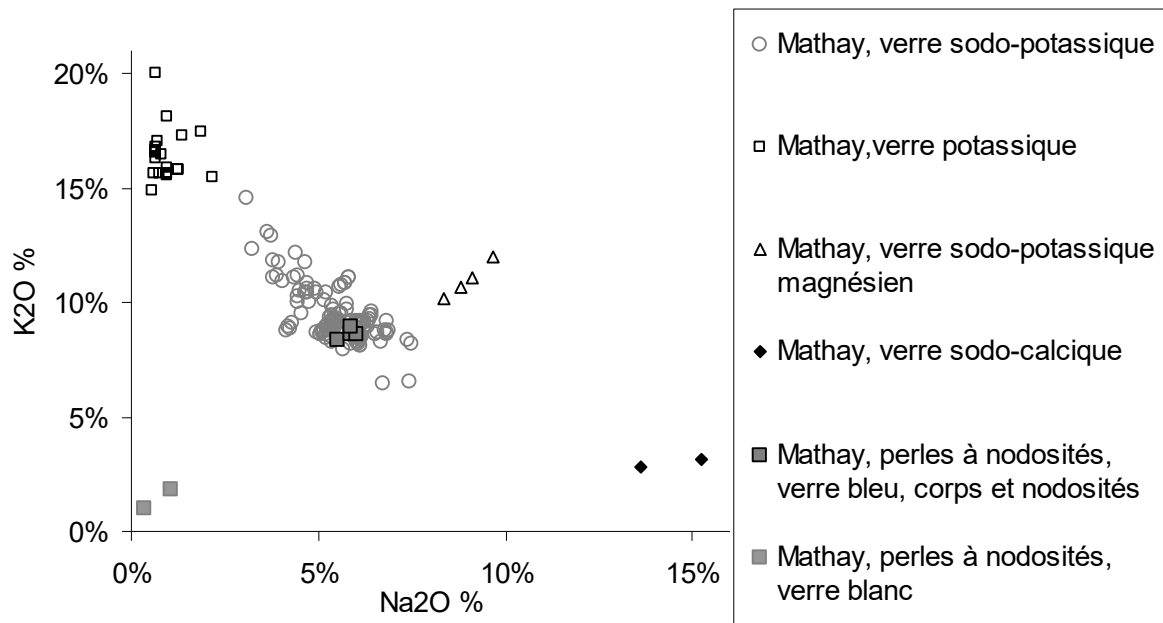


Figure 2 : diagramme Na_2O vs K_2O pour les perles de Mathay. La présence de quatre types de verres bleus est observée à Mathay.

Le premier réunit 124 des 151 perles annulaires étudiées ainsi que les deux perles à nodosités (verre bleu uniquement). Le verre utilisé pour fabriquer ces objets a une composition très spécifique qui caractérise les perles en verre datées du Bronze final. Il est caractérisé par une teneur élevée en silice (SiO_2 de l'ordre de 75 %), faible en calcium et aluminium (CaO et Al_2O_3 de l'ordre de 2 %) et par l'utilisation d'un fondant mixte sodo-potassique (avec $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ de l'ordre de 15 % et $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, fig. 2). Ce type de production aussi connu sous le nom de LMHK (acronyme de low magnesium high potassium, Henderson 1988) est attribué aux ateliers de verriers nord-italiens de Frattesina (Fratta Pollesine, Rovigo) (Biavati et Verità 1989). On le retrouve sur des sites européens tant en Suisse, qu'en

Angleterre, Irlande, France, Belgique, Allemagne, Bohême, Pologne et Italie (Angelini *et al.* 2002 ; Azemar *et al.* 2000 ; Bellintani *et al.* 1998 ; Bellintani *et al.* 2000 ; Biavati et Verità 1989 ; Brill 1992 ; Guilaine *et al.* 1991 ; Gratuze *et al.* 1998 ; Hartman *et al.* 1997 ; Henderson 1988, 1989 et 1993 ; Raftery et Henderson 1987 ; Venclova *et al.* 2011 ; Plouin *et al.* 2012 ; Gratuze *et al.* 2013 ; Gratuze et Billaud 2014 ; Purowski *et al.* 2018). L'examen visuel des objets montre que 918 perles peuvent être rattachées à ce groupe : 915 perles annulaires et les 3 perles à nodosités.

Le second regroupe 21 perles fabriquées à partir d'un verre potassique qui est défini comme le pôle potassique des verres de Frattesina. Contrairement aux perles du groupe précédent, ces perles sont extrêmement corrodées. Ce pôle potassique des verres produits à Frattesina, quoique minoritaire, a déjà été identifié sur de nombreux sites de l'Age du Bronze en Italie (Angelini *et al.* 2004) et en France : site de Roche Noire (Montagnieu, Ain), de la grotte de Baume Layrou (Trèves, Gard), et sites alsaciens de Sierentz et Kunheim (Plouin *et al.* 2012 ; Gratuze *et al.* 2013). 127 perles annulaires peuvent être rattachées à ce groupe. Tandis que le verre de type LMHK "classique" est relativement résistant à la corrosion, les verres du pôle potassique souffrent très fortement des effets de l'altération (Gratuze 2014).

Un troisième groupe est constitué par quatre perles en verre sodo-potassique qui se distinguent par des teneurs en magnésie supérieures à 2 %, alors que les teneurs en magnésie des perles nord-italiennes sont généralement inférieures à 0,8 %. D'autres oxydes mineurs présentent aussi des teneurs significativement différentes de celles du type LMHK "classique" (figs. 2 et 3) : CaO (4,3% au lieu de 2,1%), Na₂O (9% au lieu de 5,4%), Al₂O₃ (0,75% au lieu de 1,8%) et SiO₂ (66,6% au lieu de 73,8%). Ce groupe, également identifié à Sierentz en Alsace (Plouin *et al.* 2012 ; Gratuze *et al.* 2013) et à Tuchomerice en Bohême (Venclova *et al.* 2011), correspond probablement à une variante très minoritaire des productions nord italiennes.

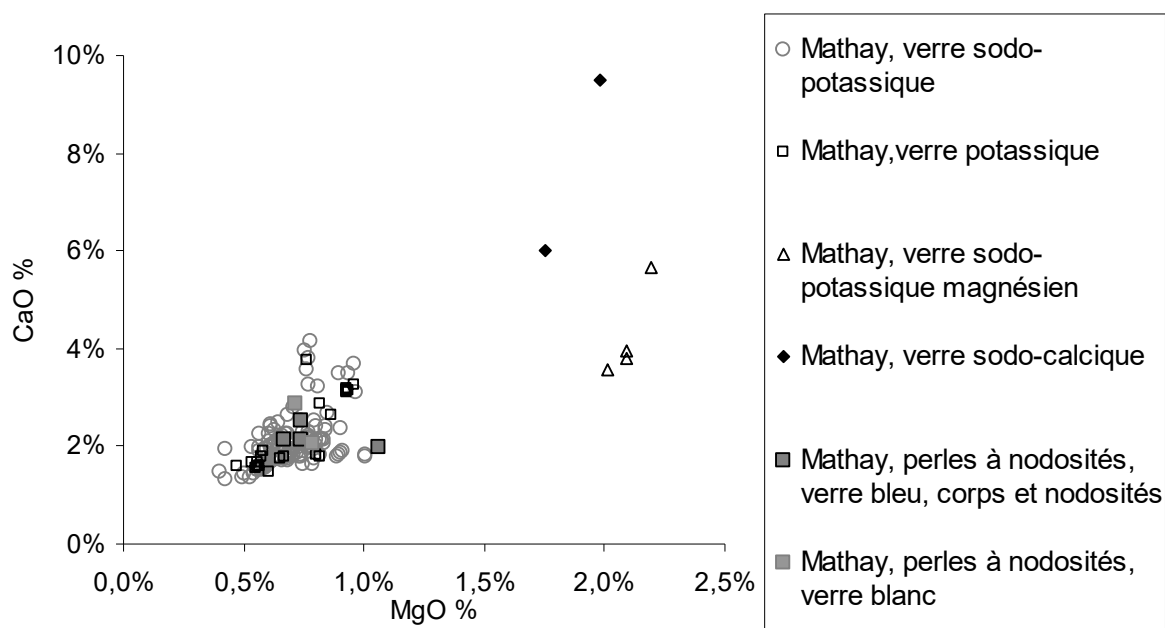


Figure 3 : diagramme MgO vs CaO pour les perles de Mathay. Les verres bleus sodo-potassiques et potassiques et les verres blancs présentent des teneurs similaires pour ces deux oxydes.

Un quatrième groupe, composé de deux perles, a aussi été identifié. Il s'agit de deux perles annulaires en verre sodique identiques par leur typologie aux autres perles annulaires du dépôt. Ce verre sodique est chimiquement différent du verre sodique qui provient du Proche-Orient à cette époque (Billaud et Gratuze 2002). En effet, les verres de ce groupe contiennent moins de Sr et de Mg et ont un rapport K₂O/MgO inversé par rapport aux productions verrières du Proche-Orient (Gratuze 2014). Ce rapport est par ailleurs proche de celui trouvé pour les verres calco-sodiques médiévaux du même type produit en Méditerranée occidentale au Moyen Age (Gratuze et Billaud 2003). Etant donnée la grande homogénéité du dépôt de Mathay, on est donc probablement en présence d'une autre composition verrière anecdotique des ateliers de Frattesina. Celle-ci pourrait correspondre au pôle sodique des verres de ces ateliers. Les artisans verriers nord-italiens de l'Age du Bronze pourraient avoir testé différents mélanges de fondants ou de plantes destinées à réaliser les fondants. Il est intéressant de noter ici qu'une perle de composition et de typologie identiques provient du site de Sierentz (Haut-Rhin).

Le corpus de ce site est composé de 72 petites perles annulaires dont 71 en verre potassique ou sodopotassique qui se rattachent sans ambiguïté aux productions nord italiennes, (Gratuze *et al.* 2013). Deux autres perles provenant des sites de Baume Layrou (Trèves, Gard) et du Lac du Bourget (Savoie) pourraient aussi se rattacher à ce groupe.

La teinte bleu-vert de la quasi-totalité des perles (les trois perles à nodosités et 1043 petites perles annulaires) est due à l'utilisation de cuivre comme colorant du verre (des teneurs de 3 à 8% d'oxyde de cuivre ont été mesurées). Celui-ci provient habituellement du bronze et amène souvent de l'étain. Les teneurs en étain mesurées dénotent l'utilisation d'alliages contenant entre 0,1 et 15 % d'étain, soient des cuivres purs et des bronzes. Cette large gamme de composition traduit l'utilisation de déchets métallurgiques issus d'ateliers de bronziers. Les cinq autres perles annulaires sont fabriquées à partir d'un verre bleu foncé coloré par le cobalt (deux d'entre elles ont été analysées, 33855-321-3 et -22). Les teneurs mesurées pour cet oxyde sont élevées (CoO 0,11% à 0,23%) et expliquent à elles seules la teinte bleu nuit de ces perles. Le cobalt est accompagné par le nickel (NiO 0,35% à 0,42%) et par l'arsenic (As₂O₃ 0,22% à 0,27%). On peut donc supposer qu'un minerai composé d'arséniures mixtes de cobalt et de nickel a été utilisé.

Selon les types de perles, deux compositions de matière vitreuse blanche ont été identifiées pour les productions verrières nord-italiennes. Celle des décors ocellés blancs de la première renferme souvent plus de chaux (CaO) et d'alumine (Al₂O₃) que le verre bleu, tandis que la seconde semble essentiellement être à base de quartz avec de faibles teneurs en éléments alcalins (sodium et potassium) et des teneurs en alumine et chaux équivalentes ou inférieures à celles des verres bleus (Angelini *et al.* 2019 ; Angelini 2019). Les décors blancs des deux perles à nodosités de Mathay appartiennent à ce dernier groupe (fig. 3). Les très faibles teneurs en soude et potasse peuvent aussi être dues au très mauvais état de conservation de ces décors (fig. 2). La présence de cuivre à l'intérieur du décor est souvent mise en évidence par l'analyse par LA-ICP-MS. On peut penser que ce cuivre vient du corps sous-jacent de la perle, ou, dans le cas de Mathay d'une pollution par les sels de cuivre issus de la dégradation du mobilier en cuivre présent dans le dépôt. On notera aussi l'aspect cristallisé de ce verre par-rapport à celui du corps de la perle. L'opacité est probablement liée au développement d'une phase cristalline lors du refroidissement du verre. Le matériau qui constitue le décor blanc a une structure plus proche de celle d'une faïence que de celle d'un verre.

Conclusion

Les analyses effectuées sur les perles en verre découvertes à Mathay mettent en évidence l'origine nord-italienne de ces objets. En effet, à ce jour, les seuls lieux où la production de ce type de verre sodopotassique est attestée pour le Bronze final est l'Europe occidentale et plus particulièrement les ateliers de la région de Frattesina di Fratta Polesine (Rovigo). Ces sites ont livré, entre autres, de nombreux creusets et déchets de production de verre (Bellintani 1997). L'exportation de perles à partir de cette région est une hypothèse plausible, si l'on considère la grande similitude de composition que l'on observe entre le verre des perles retrouvées sur l'ensemble des sites européens de cette période et celui travaillé par les ateliers de Frattesina.

On notera aussi que les analyses quasi systématiques menées lors de cette étude ont permis l'identification de nouveaux groupes chimiques de verre rattachables aux ateliers de Frattesina. Si certains de ces groupes sont aussi représentés sur d'autres sites européens (Venclova *et al.* 2011), d'autres ont été identifiés pour la première fois sur les sites français, où une caractérisation systématique (observations à la loupe binoculaire suivies ou non d'analyses) du matériel a été entreprise. Ceci met en évidence l'intérêt de ce type de démarche.

Tableau 2 : Compositions moyennes des différents types de perles de Mathay. Teneurs des principaux oxydes en % massique, teneurs des autres oxydes en parties par million (ppm, 1 ppm = 0,0001 %)

Oxyde %	Verre bleu sodo-potassique		Verre bleu potassique		Verre bleu sodo-potassique magnésien		Verre sodocalcique		Verre blanc	
	Moy. (127)	Ec. Typ.	Moy. (21)	Ec. Typ.	Moy. (4)	Ec. Typ.	Moy. (2)	Ec. Typ.	Moy. (2)	Ec. Typ.
Na ₂ O	5,51%	0,85%	0,98%	0,42%	8,99%	0,55%	14,4%	1,1%	0,70%	0,49%
MgO	0,70%	0,12%	0,72%	0,16%	2,10%	0,07%	1,87%	0,16%	0,75%	0,05%
Al ₂ O ₃	1,78%	0,33%	1,76%	0,43%	0,75%	0,05%	1,68%	0,33%	2,17%	0,03%
SiO ₂	73,9%	1,5%	71,4%	1,4%	66,6%	0,9%	63,3%	0,6%	90,0%	1,4%
P ₂ O ₅	0,18%	0,04%	0,25%	0,10%	0,21%	0,05%	0,34%	0,04%	0,21%	0,12%
Cl	0,085%	0,052%	0,034%	0,014%	0,60%	0,01%	1,10%	0,03%	0,11%	0,08%
K ₂ O	9,39%	1,20%	16,4%	1,1%	11,0%	0,8%	2,99%	0,23%	1,41%	0,57%
CaO	2,06%	0,53%	2,24%	0,75%	4,26%	0,96%	7,75%	2,44%	2,46%	0,55%
Fe ₂ O ₃	0,52%	0,13%	0,46%	0,10%	0,37%	0,06%	0,97%	0,12%	1,13%	0,09%
CuO	5,34%	1,57%	5,41%	1,22%	4,36%	0,38%	4,79%	0,76%	0,82%	0,03%
SnO ₂	0,36%	0,18%	0,26%	0,17%	0,42%	0,09%	0,48%	0,01%	0,03%	0,03%
Oxyde ppm										
Li ₂ O	88,9	27,6	73,5	24,8	42,3	-	50,8	-	22,6	5,6
B ₂ O ₃	101	18	99,4	17,2	151	8	300	20	86,4	2,0
TiO ₂	566	104	535	122	499	32	728	13	845	148
V ₂ O ₅	11,8	2,6	11,6	2,9	10,3	1,9	28,1	7,0	21,1	5,1
Cr ₂ O ₃	9,74	2,33	7,51	2,29	9,26	1,78	19,4	6,4	11,2	4,1
MnO	114	21	93,8	27,4	1030	97	482	26	178	5
CoO	50,5	219,4	26,3	6,1	30,2	7,3	45,4	13,9	1,22	1,15
NiO	101	471	45,5	28,2	33,8	5,4	57,9	13,5	22,0	1,8
ZnO	98,8	21,7	99,6	37,3	127	26	100	40	87,1	1,7
As ₂ O ₃	89,7	300,9	49,7	9,5	67,0	13,6	115	34	14,9	4,5
Rb ₂ O	127	32	231	64	167	36	14,3	5,4	98,7	7,5
SrO	141	36	136	58	293	22	312	15	179	19
Y ₂ O ₃	3,71	0,75	2,46	0,62	2,76	0,38	4,48	0,09	5,52	0,01
ZrO ₂	28,0	11,4	17,2	6,0	31,3	3,4	28,7	3,4	26,5	0,2
Nb ₂ O ₃	1,92	1,11	1,38	0,48	1,23	0,18	1,16	0,11	2,03	0,25
Ag	20,1	7,6	15,3	5,0	31,4	16,9	16,6	6,1	1,19	
Sb ₂ O ₃	61,6	264,3	20,3	7,0	355	93	476	188	5,58	6,53
Cs ₂ O	0,65	0,15	0,80	0,06	0,52	0,04	0,18	-	nd	-
BaO	62,1	10,4	72,3	18,3	50,1	2,8	60,5	1,5	65,6	6,1
La ₂ O ₃	4,35	0,97	3,41	1,15	2,75	0,38	2,79	0,23	4,59	0,37
CeO ₂	8,01	1,66	6,46	2,15	5,09	0,74	4,36	0,51	11,1	1,6
PrO ₂	0,93	0,19	0,72	0,23	0,60	0,10	0,62	0,07	1,05	0,32
Nd ₂ O ₃	3,93	0,80	2,89	1,02	2,57	0,26	3,07	0,08	3,91	0,44
Sm ₂ O ₃	0,80	0,19	0,58	0,18	0,52	0,06	0,70	0,07	1,37	-
Eu ₂ O ₃	0,16	0,05	0,14	0,06	0,10	0,01	0,18	0,01	0,28	0,12
Gd ₂ O ₃	0,72	0,26	0,50	0,21	0,40	0,11	0,61	0,04	0,77	0,54
Tb ₂ O ₃	0,12	0,03	0,078	0,027	0,073	0,009	0,10	0,01	0,09	0,07
Dy ₂ O ₃	0,70	0,17	0,50	0,18	0,47	0,06	0,74	0,09	0,28	0,16
Ho ₂ O ₃	0,13	0,03	0,11	0,09	0,092	0,015	0,14	0,01	0,12	0,07
Er ₂ O ₃	0,39	0,10	0,27	0,09	0,26	0,05	0,44	0,06	0,62	0,10
Tm ₂ O ₃	0,055	0,034	0,041	0,018	0,036	0,006	0,066	0,017	0,034	-
Yb ₂ O ₃	0,38	0,10	0,31	0,17	0,26	0,02	0,46	0,00	0,45	0,27
Lu ₂ O ₃	0,054	0,015	0,044	0,025	0,033	0,004	0,059	0,003	0,051	0,027
HfO ₂	0,73	0,27	0,48	0,16	0,76	0,11	0,65	0,10	0,89	0,26
Ta ₂ O ₃	0,16	0,08	0,11	0,04	0,086	0,015	0,067	0,009	0,16	0,10
Au	0,41	0,20	0,49	0,27	1,59	0,24	1,52	0,97	0,021	-
PbO	74,6	39,6	39,7	37,2	351	70	211	72	19,4	-
Bi	4,56	2,25	3,43	1,52	8,41	2,85	2,49	1,15	0,50	0,10
ThO ₂	1,56	0,32	1,18	0,60	0,90	0,14	0,76	0,03	1,55	0,31
UO ₂	0,29	0,08	0,25	0,08	0,28	0,06	0,52	0,16	0,38	0,20

Référence

Angelini et al. 2002

Angelini I., Artioli G., Bellintani P., Diella V., Polla A., Residori G. (2002) – Project “Glass Materials in the Protohistory of North Italy”: a First Summary, in C. D’Amico (ed.), Atti del II congresso nazionale di archeometria (Bologne, 29 janvier-1er février 2002), Bologne, Pàtron, p. 581-595.

Angelini et al. 2004

Angelini I., Artioli G., Bellintani P., Diella V., Gemmi M., Poll A., Rossi A. (2004) – Chemical Analyses of Bronze Age Glasses from Frattesina di Rovigo, Northern Italy, *Journal of Archaeological Science*, 31, p. 1175-1184.

Angelini 2019

Angelini, I. (2019) – Il vetro di Frattesina: composizione e tecniche di colorazione come deducibili dai dati chimici, mineralogici e tessiture In: Frattesina: un centro internazionale di produzione e di scambio dell’Eta` del Bronzo (A.M. Bietti Sestieri, P. Bellintani and C. Giardino, editors). Atti dell’Accademia Nazionale dei Lincei, Anno CDXV-2018, Bardi Edizioni, Rome.

Angelini et al. 2019

Angelini I., Gratuze B., Artioli G. (2019) – Glass and other vitreous materials through history. In G. Artioli et R. Oberti, (eds.) *The Contribution of Mineralogy to Cultural Heritage*, Volume 20 (20), Mineralogical Society, pp.87-150, 2019, *The Contribution of Mineralogy to Cultural Heritage*, 978-0903056-61-8. (<https://www.minersoc.org/EMU-notes-20.html>). {hal-02266492}

Azemar et al. 2000

Azemar R., Billaud Y., Costantini G., Gratuze B. (2000) – Les perles protohistoriques de l’Aveyron, *Cahiers d’archéologie aveyronnaise*, 14, p. 75-88.

Bellintani 1997

Bellintani P. (1997) – Frattesina : l’ambra e la produzione vitrea nel contesto delle relazioni transalpine, in Ori delle Alpi, Quaderni della sezione archeologica Castello del Buonconsiglio, 6, p. 116-129.

Bellintani et al. 1998

Bellintani, P., Biavati A., Verità M. (1998) – Alcune considerazioni su materiali vetrosi da contesti dell’età del Bronzo media e recente dell’Italia settentrionale, in R. La Guardia et T. Tibiletti (dir.), *Il vetro dall’antichità all’età contemporanea: aspetti tecnologici, funzionali e commerciali*, actes des 2es Journées nationales d’étude de l’AIHV (Milan, 14-5 décembre 1996), Milan, Comune di Milano, Settore cultura e musei, Civiche raccolte archeologiche, p. 15-24.

Bellintani et al. 2000

BELLINTANI P., PALLECHI P., ZANINII A. (2000) – Materiali vetrosi nell’età del Bronzo italiana, in Atti del IV Incontro di Studi di Preistoria e Protostoria in Etruria (L’Etruria tra Italia, l’Europa e Mondo Mediterraneo. Ricerche e scavi), Settembre 1997, Milan, CSP ONLU, p. 83-96.

Bellintani et Stephan 2009

Bellintani P., Stefan L. (2009) – Nuovi dati sul primo vetro europeo: il caso di Frattesina, in Atti del Primo Convegno Interdisciplinare sul Vetro nei Beni Culturali e nell’Arte di Ieri e di Oggi (Parma 27-28 Novembre 2008), p. 71-86.

Bellintani 1997

Bellintani P. (1997) – Frattesina : l’ambra e la produzione vitrea nel contesto delle relazioni transalpine, in Ori delle Alpi, Quaderni della sezione archeologica Castello del Buonconsiglio, 6, p. 116-129.

Biavati et Verità 1989

Biavati A., Verità M. (1989) – The Glass from Frattesina, a Glassmaking Center in the Late Bronze Age, *Rivista della Staz. Sper. Vetro*, 4, p. 295-299.

Billaud et Gratuze 2002

Billaud Y., Gratuze B. (2002) – Les perles en verre et en faïence de la Protohistoire française, in J. Guilaine (dir.), *Matériaux, productions, circulation, du Néolithique à l’âge du Bronze*, Séminaires du

Collège de France, Paris, Errance, p. 193-212.

Brill 1992

Brill R.H. (1992) – Chemical Analysis of Some Glasses from Frattesina, *Journal of Glass Studies*, 34, p. 11-22.

Cherel et Gratuze 2018

Cherel A.-F., Gratuze B., Simon P., (2018) – Les perles en faïence et en verre de l'âge du Bronze découvertes en Bretagne : nouvelles données, nouvelles approches. Étude typo-chronologique, composition, provenance, *BSPF*, 115, 2, p. 327-360.

Foy et al., 2003

Foy D., Picon M., Vichy M., Thirion-Merle V. (2003) – Caractérisation des verres de la fin de l'Antiquité en Méditerranée occidentale, in D. Foy et M.-D. Nenna (dir.), *Echanges et commerce du verre dans le monde antique*, actes du colloque de l'AFAV (Aix-en-Provence Marseille, 7-9 juin 2001), Montagnac, Monique Mergoïl, *Monographie Instrumentum*, 24, p. 41-85.

Gratuze 2009

Gratuze B. (2009) – Les premiers verres au natron retrouvés en Europe occidentale : composition chimique et chrono-typologie, in K. Janssens, P. Degryse, P. Cosyns, J. Caen et L. Van't dack (dir.) *Annales du 17e Congrès de l'AIHV*, Anvers 2006, Anvers, AIHV-UPA, p. 8-14.

Gratuze et al. 1998

Gratuze B., Louboutin C., Billaud Y. (1998) – Les perles protohistoriques en verre du Musée des Antiquités nationales, *Antiquités nationales*, 30, p. 13-24.

Gratuze et al. 2013

Gratuze B., Koenig M.-P., Plouin S., Treffort J.-M. (2013) – Les perles en faïence et en verre de l'âge du Bronze : contextes archéologiques et analyses pour l'Alsace et la Lorraine, *Cahiers alsaciens d'archéologie, d'art et d'histoire*, LVI, p. 21-52.

Gratuze et Billaud 2003

Gratuze B., Billaud Y. (2003) – La circulation des perles en verre dans le Bassin Méditerranéen de l'Age du Bronze moyen jusqu'au Hallstatt, in D. Foy et M.D. Nenna (dir) *Echanges et commerce du verre dans le monde antique*, actes du colloque de l'AFAV, Aix-en-Provence Marseille 7-9 juin 2001, Monographie Instrumentum 24, Monique Mergoïl ed, Montagnac, p. 11-15.

Gratuze et Billaud 2014

Gratuze B., Billaud Y. (2014) – Inventaire des perles en verre et en faïence de l'Age du Bronze originaires des ateliers de la région de Frattesina retrouvées en France, in S. Ciappi, A. Larese et M. Ubaldi (dir), *Il vetro in età protostorica in Italia - Atti delle XVI Giornate Nazionali di Studio*, Adria (RO), 12-13 maggio 2012, Cremona, AIHV – Comitato Nazionale Italiano, p. 25-37.

Gratuze 2013

Gratuze B. (2013) – Glass Characterisation Using Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Methods, in K. Janssens (dir.), *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*, John Wiley & Sons Ltd eds, vol. 1, chap 3.1, p. 201-234.

Gratuze 2014

Gratuze B. (2014) – Application de la spectrométrie de masse à plasma avec prélèvement par ablation laser (LA-ICP-MS) à l'étude des recettes de fabrication et de la circulation des verres anciens, in Ph. Dillmann et L. Bellot-Gurlet (dir.), *Circulation des matériaux et des objets dans les sociétés anciennes*, Paris, Archives Contemporaines (Collection Sciences Archéologiques), p. 259–291.

Gratuze 2016

Gratuze B. (2016) – Glass Characterization Using Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry Methods, in L. Dussubieux, M. Goličko et B. Gratuze (dir.), *Recent Advances in Laser Ablation ICP-MS for Archaeology*, Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag., p. 179-196.

Guilaine et al. 1991

Guilaine J., Gratuze B., Barrandon J.-N. (1991) – Les perles de verre du Chalcolithique et de l'Age du Bronze. Analyses d'exemplaires trouvés en France, in C. Chevillot et A. Coffyn (dir.), L'Age du Bronze Atlantique, Actes du 1er colloque du parc archéologique de Beynac, Beynac et Cazenac, Association des musées du Sarladais, p. 255-266.

Hartman et al. 1997

Hartmann G., Kappel I., Grote K., Arndt B. (1997) – Chemistry and Technology of Prehistoric Glass from Lower Saxony and Hesse, *Journal of Archaeological Science*, 24, p. 547-559.

Henderson 1988

Henderson J. (1988) – Electron Probe Microanalysis of Mixed-Alkali Glasses, *Archaeometry*, 30, 1, p. 77-91.

Henderson 1989

Henderson J. (1989) – The Earliest Glass in Britain and Ireland, in M. Feugère (dir.), *Le verre préromain en Europe occidentale*, Montagnac, Mergoïl, p. 13-24.

Henderson 1993

Henderson J. (1993) – Chemical Analysis of the Glass and Faïence from Hauterive-Champréveyres, Switzerland, in A-M. Rychner-Faraggi (dir), *Hauterive-Champréveyres 9, Métal et Parure au Bronze Final*, Neuchâtel, Musée Cantonal d'Archéologie (Archéologie neuchâteloise, 17), p. 111-117.

Pinningre et al. 2013

Piningre J.F., Armbruster B., Gratuze B., (2013) – Le dépôt de Mathay (Doubs, Franche-Comté). Premiers résultats, *Bulletin de l'APRAB*, p. 72-76.

Plouin et al. 2012

Plouin S., Koenig M.-P., Gratuze B. (2012) – Les perles en verre de l'âge du Bronze d'Alsace et de Lorraine, in V. Arveiller et H. Cabart (dir.), *Le verre en Lorraine et dans les régions voisines, actes des 26ème rencontres de l'AFAV (Metz, 2011)*, Montagnac, Monique Mergoïl (Monographie Instrumentum, 42), p. 11-36.

Purowski et al. 2018

Purowski T., Kępa L., Wagner B. (2018) – Glass on the Amber Road: the chemical composition of glass beads from the Bronze Age in Poland, *Archaeol. Anthropol. Sci.* 10, p. 1283–1302.

Raftery et Henderson 1987

Raftery B., Henderson J. (1987) – Some Glass Beads of the Later Bronze Age in Ireland, in O.H. Frey et al. (dir.), *Glasperlen der vorrömischen Eisenzeit I (Nach Unterlagen Von Thea E. Haevernick)*, Mayence, Zabern, p. 39-53.

Sayre et Smith 1961

Sayre E.V., Smith R.W. (1961) – Compositional Categories of Ancient Glass, *Science*, 133, p. 1824-1826.

Venclova et al. 2011

Venclova N., Hulinský V., Henderson J., Chenery S., Šulova L., Hložek J. (2011) – Late Bronze Age mixed-alkali glasses from Bohemia Skla typu mixed alkali mladší doby bronzové v Čechách, *Archeologické rozhledy LXIII–2011*, p. 559–585.

Annexe 1 Analyse des perles en verre p. 233-254 de l'ouvrage

Compositions des perles de Mathay. Teneurs des principaux oxydes (Na₂O à SnO₂) en % massique, teneurs des autres oxydes (Li₂O à UO₂) en parties par million (ppm, 1 ppm = 0,0001 %), n.d. : non détecté.

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 302 a	m 302 b	m 302 c	m 302 d	m 302 e	m 302 g	m 302 i	m 302 j	m 307 a	m 307 b	m 307 c	m 307 d
Na ₂ O	6,02%	6,05%	6,14%	5,88%	6,20%	3,26%	7,52%	6,10%	6,11%	6,07%	6,11%	6,03%
MgO	0,63%	0,63%	0,63%	0,65%	0,61%	0,43%	0,65%	0,57%	0,66%	0,67%	0,64%	0,68%
Al ₂ O ₃	1,95%	1,99%	1,99%	1,98%	1,73%	1,85%	1,41%	1,59%	1,83%	1,83%	1,99%	1,93%
SiO ₂	74,6%	74,3%	74,3%	75,0%	75,6%	76,5%	75,6%	76,2%	74,6%	74,7%	74,1%	74,5%
P ₂ O ₅	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,15%	0,18%	0,19%	0,21%	0,21%	0,19%	0,21%
Cl	0,12%	0,11%	0,12%	0,11%	0,075%	0,070%	0,094%	0,074%	0,10%	0,092%	0,13%	0,10%
K ₂ O	8,25%	8,24%	8,07%	8,15%	8,51%	12,3%	8,15%	8,49%	8,56%	8,46%	8,35%	8,64%
CaO	2,03%	2,06%	2,07%	2,16%	2,07%	1,31%	1,77%	1,96%	2,20%	2,25%	2,12%	2,23%
Fe ₂ O ₃	0,54%	0,55%	0,55%	0,54%	0,49%	0,46%	0,51%	0,49%	0,54%	0,54%	0,55%	0,55%
CuO	5,06%	5,18%	5,21%	4,77%	3,99%	3,24%	3,87%	3,88%	4,66%	4,69%	5,16%	4,62%
SnO ₂	0,48%	0,49%	0,51%	0,40%	0,32%	0,27%	0,059%	0,31%	0,31%	0,31%	0,51%	0,33%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	69,4	67,4	75,3	65,6	87,9	105	150	79,3	76,4	70,7	73,1	68,0
B ₂ O ₃	79,7	83,0	82,2	78,2	92,6	77,6	86,5	91,4	75,2	76,9	78,0	76,8
TiO ₂	595	607	599	598	519	688	528	499	616	615	608	622
V ₂ O ₅	16,5	16,5	16,7	16,2	12,8	10,1	15,2	13,1	16,5	16,3	17,0	16,6
Cr ₂ O ₃	13,1	11,8	13,3	13,2	10,6	7,70	12,1	11,0	13,3	13,0	13,8	12,6
MnO	139	142	140	136	120	114	164	120	138	137	143	139
CoO	29,0	28,8	29,1	31,7	27,0	19,2	17,7	26,0	29,4	29,3	29,1	29,5
NiO	31,4	31,2	31,6	29,1	43,1	26,3	13,6	41,3	28,0	28,6	32,2	28,4
ZnO	80,3	80,1	78,8	80,4	84,7	111	80,9	88,3	89,8	85,2	79,0	86,5
As ₂ O ₃	45,4	46,7	47,0	42,3	65,6	24,1	15,1	63,9	40,3	40,9	45,8	41,0
Rb ₂ O	148	143	147	149	86,8	187	183	86,2	161	156	153	161
SrO	153	157	158	165	146	92,8	138	140	165	169	165	169
Y ₂ O ₃	3,52	3,60	3,58	3,75	3,27	3,54	2,45	2,96	3,53	3,48	3,83	3,81
ZrO ₂	22,2	23,1	23,6	24,1	19,8	56,2	16,8	17,8	22,6	22,7	25,0	24,9
Nb ₂ O ₃	1,46	1,50	1,48	1,43	1,12	5,47	1,47	1,09	1,53	1,43	1,49	1,54
Ag	24,6	25,4	25,9	22,9	11,7	16,5	16,1	16,6	23,5	22,9	24,1	22,7
Sb ₂ O ₃	13,1	13,2	13,9	12,6	25,5	30,4	6,21	24,6	13,9	13,4	13,0	12,9
Cs ₂ O	0,66	0,63	0,71	0,48	0,46	0,76	0,68	0,44	0,66	0,54	0,60	0,61
BaO	70,9	72,3	73,6	71,2	58,8	74,0	62,7	58,1	73,0	72,0	74,4	72,5
La ₂ O ₃	4,06	4,18	4,25	4,27	3,65	6,82	3,84	3,37	4,18	4,20	4,39	4,43
CeO ₂	8,73	8,99	9,11	8,72	7,43	12,9	8,05	7,49	8,91	8,85	9,06	9,01
PrO ₂	0,95	0,96	1,01	1,00	0,84	1,38	0,85	0,83	0,99	0,97	1,02	1,00
Nd ₂ O ₃	3,52	3,77	3,73	3,77	3,27	5,27	3,12	2,97	3,74	3,79	3,83	3,90
Sm ₂ O ₃	0,73	0,76	0,74	0,75	0,66	0,92	0,58	0,63	0,76	0,72	0,92	0,79
Eu ₂ O ₃	0,15	0,15	0,16	0,16	0,14	0,21	0,14	0,12	0,14	0,14	0,15	0,14
Gd ₂ O ₃	0,48	0,67	0,72	0,55	0,51	0,70	0,46	0,41	0,57	0,53	0,63	0,65
Tb ₂ O ₃	0,094	0,12	0,12	0,10	0,088	0,11	0,072	0,093	0,095	0,095	0,12	0,11
Dy ₂ O ₃	0,64	0,65	0,68	0,67	0,57	0,65	0,44	0,50	0,62	0,65	0,66	0,71
Ho ₂ O ₃	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,090	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14
Er ₂ O ₃	0,33	0,36	0,34	0,37	0,33	0,36	0,23	0,30	0,37	0,39	0,39	0,38
Tm ₂ O ₃	0,051	0,048	0,056	0,048	0,047	0,051	0,034	0,041	0,051	0,055	0,054	0,055
Yb ₂ O ₃	0,37	0,39	0,39	0,36	0,34	0,34	0,24	0,29	0,39	0,38	0,35	0,43
Lu ₂ O ₃	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
HfO ₂	0,57	0,62	0,64	0,61	0,52	1,13	0,43	0,46	0,57	0,56	0,67	0,63
Ta ₂ O ₃	0,10	0,12	0,13	0,12	0,073	0,29	0,11	0,079	0,12	0,11	0,12	0,12
Au	0,36	0,32	0,37	0,43	0,39	0,28	n.d.	0,37	0,51	0,58	0,27	0,51
PbO	46,0	44,8	72,1	37,1	107	19,8	13,8	110	32,8	32,6	51,8	32,7
Bi	4,79	4,97	5,05	4,31	4,42	0,96	1,61	4,27	3,86	3,72	4,83	4,07
ThO ₂	1,41	1,49	1,53	1,57	1,30	1,80	1,30	1,19	1,46	1,47	1,55	1,61
UO ₂	0,41	0,41	0,40	0,41	0,27	0,44	0,41	0,28	0,40	0,41	0,43	0,41

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 307 e	m 307 f	m 307 g	m 307 i	m 307 j	m 307 k	m 307 l	m 307 m	m 307 n	m 307 o	m 307 p	m 307 r
Na ₂ O	6,37%	6,21%	6,05%	6,18%	5,57%	6,37%	5,71%	5,80%	6,21%	5,73%	6,35%	6,19%
MgO	0,62%	0,65%	0,64%	0,62%	0,56%	0,63%	0,59%	0,59%	0,64%	0,59%	0,63%	0,63%
Al ₂ O ₃	1,40%	1,42%	1,39%	1,35%	1,85%	1,35%	2,01%	2,01%	1,38%	2,02%	1,40%	1,37%
SiO ₂	72,0%	72,3%	72,8%	72,7%	74,8%	71,9%	73,5%	73,4%	72,2%	73,8%	71,8%	72,2%
P ₂ O ₅	0,21%	0,21%	0,20%	0,20%	0,17%	0,20%	0,20%	0,18%	0,21%	0,18%	0,20%	0,20%
Cl	0,073%	0,064%	0,061%	0,059%	0,063%	0,067%	0,077%	0,068%	0,076%	0,069%	0,062%	0,069%
K ₂ O	9,22%	8,93%	9,08%	9,07%	10,6%	9,44%	10,9%	11,1%	9,10%	10,9%	9,16%	9,12%
CaO	1,72%	1,77%	1,75%	1,71%	1,50%	1,75%	1,59%	1,59%	1,75%	1,58%	1,74%	1,76%
Fe ₂ O ₃	0,44%	0,45%	0,45%	0,44%	0,42%	0,45%	0,44%	0,44%	0,44%	0,43%	0,45%	0,45%
CuO	7,44%	7,52%	7,12%	7,21%	4,25%	7,34%	4,78%	4,57%	7,51%	4,45%	7,66%	7,46%
SnO ₂	0,35%	0,34%	0,34%	0,33%	0,079%	0,33%	0,090%	0,085%	0,34%	0,088%	0,35%	0,34%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	129	130	135	126	83,2	132	84,5	88,6	124	83,1	130	123
B ₂ O ₃	87,0	95,3	95,1	93,5	85,6	94,4	97,1	89,8	91,5	94,9	89,4	91,7
TiO ₂	465	475	473	470	512	474	517	532	466	520	473	473
V ₂ O ₅	12,7	12,7	12,6	12,5	9,79	12,7	10,2	9,91	12,7	9,87	12,9	12,7
Cr ₂ O ₃	12,3	10,6	11,2	10,2	8,39	11,2	9,57	9,68	11,8	8,57	10,7	11,5
MnO	107	109	113	107	127	111	129	131	108	127	108	111
CoO	31,4	32,6	30,4	31,1	28,5	31,1	28,4	29,2	31,7	28,2	32,1	32,2
NiO	59,8	61,5	59,1	59,1	32,1	59,2	33,1	33,5	61,9	33,1	62,7	61,4
ZnO	107	109	111	112	85,4	111	98,9	90,7	110	92,0	107	110
As ₂ O ₃	54,8	56,0	53,6	53,8	37,0	52,9	44,3	39,2	56,9	42,1	55,9	56,2
Rb ₂ O	157	151	155	153	212	156	219	224	149	222	153	154
SrO	146	154	149	141	97,6	146	105	106	148	108	148	150
Y ₂ O ₃	2,85	3,15	2,95	2,68	3,28	2,82	4,39	3,81	2,94	3,90	3,03	2,86
ZrO ₂	18,0	19,6	19,0	17,1	32,5	17,7	36,3	36,6	18,2	37,6	18,8	18,3
Nb ₂ O ₃	1,19	1,32	1,20	1,21	3,78	1,22	4,03	3,98	1,18	4,01	1,25	1,19
Ag	23,9	25,9	21,0	23,9	15,1	21,6	17,8	17,1	25,3	17,6	25,6	24,1
Sb ₂ O ₃	43,5	44,7	43,2	43,2	11,5	42,7	13,5	12,4	44,4	13,0	45,0	43,5
Cs ₂ O	0,73	0,70	0,71	0,64	0,69	0,67	0,67	0,73	0,60	0,72	0,70	0,66
BaO	53,9	56,0	56,0	53,8	62,5	55,1	67,8	67,1	54,4	67,8	55,2	54,5
La ₂ O ₃	3,63	3,87	3,70	3,52	4,88	3,63	6,27	5,39	3,61	5,48	3,71	3,61
CeO ₂	7,57	7,76	7,61	7,59	10,2	7,64	11,4	10,6	7,53	10,7	7,68	7,60
PrO ₂	0,82	0,87	0,83	0,78	1,04	0,81	1,68	1,18	0,80	1,16	0,86	0,84
Nd ₂ O ₃	3,00	3,37	3,13	3,06	3,82	3,03	4,75	4,30	3,13	4,14	3,08	3,02
Sm ₂ O ₃	0,63	0,67	0,64	0,61	0,75	0,68	0,93	0,85	0,66	0,81	0,64	0,52
Eu ₂ O ₃	0,11	0,12	0,14	0,11	0,15	0,095	0,17	0,15	0,14	0,15	0,12	0,13
Gd ₂ O ₃	0,53	0,57	0,56	0,43	0,60	0,53	0,69	0,57	0,40	0,72	0,49	0,53
Tb ₂ O ₃	0,084	0,089	0,085	0,084	0,10	0,089	0,14	0,12	0,096	0,12	0,087	0,091
Dy ₂ O ₃	0,55	0,62	0,52	0,51	0,61	0,57	0,77	0,70	0,55	0,65	0,54	0,55
Ho ₂ O ₃	0,10	0,098	0,10	0,096	0,11	0,092	0,14	0,13	0,11	0,14	0,10	0,10
Er ₂ O ₃	0,29	0,32	0,31	0,27	0,35	0,30	0,37	0,36	0,31	0,37	0,30	0,26
Tm ₂ O ₃	0,042	0,046	0,043	0,036	0,050	0,042	0,059	0,059	0,046	0,051	0,046	0,034
Yb ₂ O ₃	0,34	0,31	0,29	0,25	0,35	0,27	0,40	0,39	0,29	0,38	0,34	0,29
Lu ₂ O ₃	0,03	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04
HfO ₂	0,50	0,47	0,48	0,41	0,77	0,45	0,89	0,87	0,47	0,83	0,47	0,46
Ta ₂ O ₃	0,12	0,12	0,11	0,12	0,25	0,12	0,26	0,27	0,13	0,25	0,10	0,13
Au	0,34	0,43	0,34	0,39	0,34	0,39	0,54	n.d.	0,42	n.d.	0,40	0,35
PbO	108	111	103	105	25,9	112	35,5	23,8	113	26,3	111	111
Bi	4,71	4,88	4,65	4,86	2,68	4,87	3,11	2,83	5,05	2,94	4,74	4,87
ThO ₂	1,30	1,34	1,30	1,21	1,63	1,27	1,81	1,81	1,32	1,80	1,30	1,29
UO ₂	0,29	0,30	0,32	0,32	0,49	0,28	0,47	0,52	0,30	0,49	0,30	0,31

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 307 s	m 307 t	m 308 a	m 308 b	m 308 c	m 308 e	m 308 f	m 308 g	m 308 h	m 308 i	m 308 j	m 309 a
Na ₂ O	5,81%	6,12%	6,15%	5,15%	6,07%	6,09%	5,64%	6,12%	4,03%	6,14%	6,21%	5,39%
MgO	0,57%	0,62%	0,62%	0,56%	0,64%	0,65%	0,60%	0,64%	0,50%	0,62%	0,62%	0,58%
Al ₂ O ₃	1,57%	1,34%	1,92%	1,65%	1,93%	1,44%	2,16%	1,43%	1,25%	1,34%	1,35%	1,60%
SiO ₂	74,1%	72,3%	74,6%	75,2%	74,4%	72,1%	73,9%	72,1%	76,7%	72,3%	72,2%	75,7%
P ₂ O ₅	0,15%	0,20%	0,19%	0,15%	0,21%	0,21%	0,18%	0,22%	0,14%	0,21%	0,20%	0,17%
Cl	0,036%	0,076%	0,11%	0,043%	0,14%	0,077%	0,073%	0,068%	0,039%	0,063%	0,068%	0,024%
K ₂ O	11,1%	9,19%	8,12%	10,1%	8,18%	9,11%	10,7%	9,04%	10,9%	9,10%	9,18%	9,84%
CaO	1,54%	1,73%	2,01%	1,50%	2,09%	1,75%	1,62%	1,78%	1,37%	1,71%	1,70%	1,51%
Fe ₂ O ₃	0,51%	0,45%	0,55%	0,49%	0,54%	0,45%	0,43%	0,46%	0,38%	0,44%	0,45%	0,49%
CuO	4,13%	7,47%	5,11%	4,55%	5,12%	7,60%	4,47%	7,63%	4,33%	7,58%	7,49%	4,23%
SnO ₂	0,34%	0,33%	0,49%	0,38%	0,48%	0,34%	0,085%	0,35%	0,26%	0,35%	0,35%	0,35%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	63,7	122	73,6	57,5	61,6	131	89,4	124	36,1	121	132	64,7
B ₂ O ₃	83,4	84,8	77,9	89,4	81,7	94,4	96,0	95,6	78,7	96,0	96,7	106
TiO ₂	592	469	615	564	608	466	517	490	412	467	473	545
V ₂ O ₅	13,0	12,6	17,4	12,7	17,0	12,5	9,75	13,0	9,97	12,5	13,0	11,5
Cr ₂ O ₃	8,67	11,8	12,5	8,96	13,5	11,5	9,99	11,5	9,04	11,0	11,5	6,99
MnO	121	108	141	116	139	108	130	109	116	107	109	116
CoO	30,4	31,8	28,7	31,0	29,3	31,7	28,6	32,2	23,4	31,9	31,5	28,4
NiO	27,6	61,6	32,3	29,6	31,5	61,1	33,4	61,1	26,2	62,1	61,8	26,3
ZnO	75,6	108	77,7	73,8	88,4	108	86,3	119	65,7	116	112	81,2
As ₂ O ₃	90,4	56,3	46,9	96,2	49,1	55,1	38,7	58,3	43,1	56,8	55,0	84,1
Rb ₂ O	146	154	147	132	152	149	217	151	146	152	155	130
SrO	104	145	155	103	162	148	107	151	104	144	143	102
Y ₂ O ₃	3,20	2,78	3,58	3,27	3,71	3,03	3,99	2,99	2,55	2,77	2,71	3,02
ZrO ₂	33,7	17,7	22,5	34,2	23,9	18,9	38,6	18,7	17,4	17,5	16,9	32,5
Nb ₂ O ₃	3,13	1,19	1,49	3,05	1,54	1,23	4,02	1,27	1,08	1,22	1,23	2,89
Ag	26,2	24,0	25,2	27,3	27,4	26,5	16,4	26,3	19,5	26,1	25,8	27,4
Sb ₂ O ₃	28,2	43,0	11,7	30,6	13,9	44,1	12,2	46,0	14,1	46,1	44,6	28,1
Cs ₂ O	0,60	0,63	0,62	0,50	0,56	0,63	0,71	0,68	0,45	0,62	0,72	0,50
BaO	65,9	53,4	70,5	64,0	71,8	54,3	67,8	55,9	40,6	53,7	53,9	62,2
La ₂ O ₃	4,76	3,56	4,08	4,74	4,29	3,71	5,52	3,79	2,68	3,48	3,46	4,51
CeO ₂	9,77	7,44	9,06	9,27	8,93	7,49	10,7	7,54	5,78	7,46	7,49	9,14
PrO ₂	1,01	0,81	0,96	1,01	1,00	0,83	1,17	0,83	0,65	0,81	0,82	0,97
Nd ₂ O ₃	3,76	3,08	3,50	3,80	3,63	3,26	4,36	3,17	2,43	3,10	3,06	3,73
Sm ₂ O ₃	0,65	0,65	0,74	0,81	0,73	0,67	0,91	0,67	0,53	0,60	0,61	0,73
Eu ₂ O ₃	0,18	0,096	0,13	0,18	0,14	0,10	0,17	0,12	0,078	0,13	0,095	0,13
Gd ₂ O ₃	0,59	0,54	0,64	0,51	0,71	0,48	0,60	0,56	0,44	0,41	0,48	0,54
Tb ₂ O ₃	0,11	0,086	0,11	0,097	0,12	0,092	0,13	0,10	0,071	0,084	0,090	0,093
Dy ₂ O ₃	0,67	0,52	0,66	0,61	0,72	0,53	0,76	0,55	0,45	0,53	0,50	0,56
Ho ₂ O ₃	0,12	0,084	0,13	0,11	0,13	0,10	0,15	0,10	0,090	0,10	0,11	0,11
Er ₂ O ₃	0,26	0,25	0,33	0,31	0,37	0,31	0,43	0,30	0,26	0,27	0,26	0,32
Tm ₂ O ₃	0,043	0,041	0,050	0,049	0,062	0,042	0,054	0,046	0,035	0,038	0,042	0,040
Yb ₂ O ₃	0,34	0,27	0,37	0,29	0,39	0,31	0,42	0,28	0,23	0,30	0,24	0,29
Lu ₂ O ₃	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
HfO ₂	0,81	0,44	0,53	0,77	0,67	0,49	0,95	0,48	0,43	0,47	0,43	0,71
Ta ₂ O ₃	0,17	0,11	0,11	0,17	0,11	0,12	0,30	0,13	0,15	0,12	0,12	0,16
Au	1,01	0,39	0,32	1,01	0,37	0,42	0,59	0,38	0,28	0,39	0,40	0,95
PbO	110	111	46,2	114	47,2	113	34,4	115	71,3	113	114	93,3
Bi	11,9	4,85	4,84	12,3	5,16	4,95	2,85	5,12	4,15	5,07	4,84	11,2
ThO ₂	1,26	1,23	1,43	1,28	1,53	1,31	1,94	1,35	0,92	1,24	1,21	1,18
UO ₂	0,37	0,31	0,41	0,35	0,41	0,31	0,48	0,31	0,27	0,31	0,31	0,37

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 309 b	m 309 c	m 309 d	m 309 e	m 309 f	m 309 g	m 309 i	m 309 j	m 321 7	m 321 1	m 321 2	m 321 4
Na ₂ O	3,08%	5,98%	6,30%	4,37%	5,29%	6,91%	6,42%	6,45%	4,41%	6,51%	5,88%	5,35%
MgO	0,42%	0,62%	0,58%	0,77%	0,68%	0,40%	0,77%	0,76%	0,97%	0,74%	0,60%	0,80%
Al ₂ O ₃	0,74%	1,40%	1,72%	1,54%	2,33%	1,38%	1,26%	1,25%	1,79%	1,63%	1,87%	2,35%
SiO ₂	69,1%	72,9%	76,4%	72,6%	75,5%	76,7%	73,9%	73,9%	69,3%	74,6%	73,5%	73,3%
P ₂ O ₅	0,19%	0,21%	0,14%	0,27%	0,17%	0,13%	0,16%	0,15%	0,27%	0,22%	0,19%	0,20%
Cl	0,23%	0,073%	0,067%	0,062%	0,049%	0,11%	0,23%	0,22%	0,061%	0,11%	0,066%	0,13%
K ₂ O	14,6%	8,50%	8,93%	11,1%	9,03%	8,76%	9,40%	9,58%	12,2%	8,60%	9,22%	8,23%
CaO	1,93%	1,69%	1,61%	3,24%	1,72%	1,47%	2,21%	2,16%	3,10%	1,77%	1,96%	2,52%
Fe ₂ O ₃	0,30%	0,44%	0,55%	0,48%	0,68%	0,47%	0,45%	0,45%	0,55%	0,60%	0,66%	0,66%
CuO	8,13%	7,72%	3,35%	4,86%	4,30%	3,33%	4,68%	4,60%	6,33%	4,71%	5,29%	5,50%
SnO ₂	1,10%	0,34%	0,088%	0,52%	0,10%	0,20%	0,31%	0,30%	0,85%	0,34%	0,61%	0,75%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	131	119	63,0	145	58,6	79,2	71,5	75,6	119	66,3	49,1	62,4
B ₂ O ₃	89,9	104	83,7	108	96,1	93,5	88,6	88,1	116	124	100	122
TiO ₂	272	450	630	542	830	494	599	589	544	583	637	685
V ₂ O ₅	10,2	12,1	14,7	15,7	18,4	12,4	15,2	14,7	12,3	10,6	12,1	12,4
Cr ₂ O ₃	7,76	11,0	14,0	12,7	16,8	13,7	11,2	9,83	9,72	9,55	6,53	10,6
MnO	131	106	144	106	158	123	127	125	83,9	103	124	135
CoO	48,6	31,2	126	22,0	18,0	17,8	41,8	40,7	17,2	18,0	29,9	23,5
NiO	29,9	61,7	325	29,5	27,3	60,5	58,9	58,8	28,1	43,4	40,0	28,3
ZnO	195	110	65,8	103	84,2	85,3	88,2	85,0	132	118	84,9	101
As ₂ O ₃	108	56,7	232	56,4	27,5	68,5	79,7	77,3	52,4	43,4	68,2	41,5
Rb ₂ O	230	140	138	177	145	173	143	146	158	109	113	117
SrO	70,9	142	126	255	113	146	117	111	232	144	129	177
Y ₂ O ₃	2,07	2,83	3,57	2,69	4,12	2,76	2,89	2,69	2,51	3,35	3,45	5,16
ZrO ₂	12,4	17,4	25,9	15,9	39,1	18,0	22,4	21,2	15,7	20,0	22,4	32,9
Nb ₂ O ₃	0,73	1,19	1,44	1,15	3,22	1,10	1,38	1,33	1,14	1,44	1,57	1,72
Ag	62,5	26,5	14,2	25,4	14,8	31,8	14,8	14,3	22,9	23,1	25,0	24,6
Sb ₂ O ₃	78,1	46,2	163	36,1	22,4	95,8	40,7	40,2	30,2	27,8	58,8	11,7
Cs ₂ O	1,37	0,59	0,48	0,78	0,56	0,54	0,88	0,96	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	43,0	52,7	58,5	81,2	76,4	57,5	59,4	58,4	68,5	48,8	58,3	72,1
La ₂ O ₃	2,36	3,50	4,57	3,25	5,36	3,41	3,68	3,62	2,69	3,53	3,81	4,54
CeO ₂	4,76	7,30	9,46	6,41	11,3	7,48	8,17	8,01	5,26	6,24	6,89	7,91
PrO ₂	0,53	0,79	1,01	0,71	1,20	0,81	0,86	0,83	0,60	0,87	0,92	1,10
Nd ₂ O ₃	2,11	3,01	3,86	2,78	4,67	3,12	3,26	3,15	2,86	3,65	4,36	4,53
Sm ₂ O ₃	0,44	0,62	0,76	0,59	0,83	0,68	0,62	0,62	0,61	0,74	0,95	0,83
Eu ₂ O ₃	0,080	0,11	0,14	0,11	0,17	0,14	0,14	0,11	0,11	0,14	0,20	0,22
Gd ₂ O ₃	0,36	0,43	0,55	0,51	0,69	0,34	0,50	0,37	0,48	0,75	0,96	1,05
Tb ₂ O ₃	0,064	0,092	0,11	0,079	0,12	0,082	0,089	0,082	0,079	0,11	0,13	0,15
Dy ₂ O ₃	0,38	0,54	0,65	0,49	0,74	0,55	0,52	0,51	0,50	0,70	0,65	0,90
Ho ₂ O ₃	0,073	0,10	0,13	0,098	0,14	0,10	0,11	0,091	0,085	0,10	0,13	0,19
Er ₂ O ₃	0,20	0,26	0,36	0,26	0,36	0,28	0,27	0,26	0,27	0,40	0,37	0,58
Tm ₂ O ₃	0,031	0,045	0,046	0,042	0,056	0,038	0,040	0,044	0,034	0,054	0,042	0,072
Yb ₂ O ₃	0,17	0,25	0,36	0,31	0,39	0,29	0,27	0,27	0,28	0,34	0,48	0,53
Lu ₂ O ₃	0,03	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,07
HfO ₂	0,36	0,51	0,66	0,36	0,92	0,45	0,55	0,53	0,46	0,61	0,58	0,85
Ta ₂ O ₃	0,050	0,13	0,13	0,087	0,26	0,081	0,077	0,080	0,096	0,12	0,11	0,18
Au	0,94	0,39	0,26	0,84	0,40	0,20	0,66	0,49	0,74	0,58	0,24	0,27
PbO	276	110	55,6	116	14,9	162	70,8	68,8	69,8	47,1	38,5	36,4
Bi	13,8	4,99	3,39	8,89	2,17	5,68	4,77	4,72	9,10	3,91	4,13	4,37
ThO ₂	0,80	1,23	1,56	1,24	1,82	1,23	1,09	1,04	1,02	1,34	1,47	1,87
UO ₂	0,26	0,29	0,36	0,29	0,49	0,29	0,31	0,32	0,25	0,21	0,25	0,30

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 321 5	m 321 6	m 321 8	m 321 9	m 321 10	m 321 11	m 321 13	m 321 14	m 321 15	m 321 16	m 321 17	m 321 18
Na ₂ O	4,76%	5,19%	5,77%	5,43%	6,04%	3,95%	5,21%	5,28%	4,46%	5,13%	6,76%	6,73%
MgO	0,75%	0,85%	0,83%	0,79%	0,77%	0,89%	0,73%	0,80%	0,74%	0,78%	0,58%	0,53%
Al ₂ O ₃	1,80%	2,28%	1,93%	1,70%	2,04%	1,74%	1,85%	1,73%	1,91%	1,85%	1,60%	1,83%
SiO ₂	74,7%	74,0%	72,4%	71,7%	73,2%	71,5%	72,6%	72,3%	75,6%	72,7%	76,2%	77,3%
P ₂ O ₅	0,14%	0,20%	0,20%	0,21%	0,19%	0,26%	0,20%	0,21%	0,15%	0,21%	0,13%	0,11%
Cl	0,061%	0,10%	0,086%	0,051%	0,086%	0,043%	0,043%	0,069%	0,032%	0,071%	0,18%	0,14%
K ₂ O	10,0%	8,46%	9,06%	9,02%	9,21%	11,7%	8,89%	9,00%	10,0%	8,80%	8,76%	6,45%
CaO	1,64%	2,66%	2,06%	1,96%	2,06%	3,50%	1,98%	2,03%	1,83%	2,05%	1,63%	1,36%
Fe ₂ O ₃	0,51%	0,66%	0,61%	0,53%	0,67%	0,57%	0,49%	0,54%	0,57%	0,51%	0,49%	0,58%
CuO	4,98%	4,92%	6,61%	7,99%	5,39%	5,02%	7,47%	7,45%	4,09%	7,33%	3,25%	4,38%
SnO ₂	0,53%	0,55%	0,25%	0,42%	0,14%	0,66%	0,39%	0,38%	0,42%	0,39%	0,21%	0,40%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	47,8	63,9	89,7	108	73,7	123	102	106	56,9	104	65,4	51,9
B ₂ O ₃	134	117	130	132	128	122	119	123	130	115	80,1	90,9
TiO ₂	598	696	652	535	736	601	519	569	647	544	612	620
V ₂ O ₅	10,1	12,3	11,1	9,79	12,6	12,6	9,49	10,3	9,55	9,94	9,60	10,7
Cr ₂ O ₃	8,19	10,6	10,8	8,28	11,6	9,26	7,62	10,2	6,69	8,92	11,7	7,80
MnO	104	137	118	106	125	98,8	100	106	107	101	120	156
CoO	18,0	23,5	20,1	26,6	16,1	17,5	25,4	24,7	21,8	25,1	11,9	14,4
NiO	16,0	25,2	50,2	55,7	49,2	26,5	51,2	52,2	22,0	52,3	60,4	32,5
ZnO	73,6	104	125	134	123	123	122	126	88,3	122	76,5	87,4
As ₂ O ₃	20,6	38,1	39,1	51,4	32,6	53,5	50,1	49,2	72,1	49,6	57,5	44,9
Rb ₂ O	152	123	114	116	115	144	111	120	102	113	117	94,0
SrO	125	183	152	154	142	268	152	161	117	164	134	114
Y ₂ O ₃	4,51	5,11	4,52	3,61	4,64	3,17	3,76	4,29	4,81	4,01	4,00	3,64
ZrO ₂	29,6	34,7	33,3	23,4	36,4	19,8	23,5	27,1	49,1	27,3	28,6	23,9
Nb ₂ O ₃	1,66	1,90	1,69	1,54	1,90	1,41	1,47	1,54	3,71	1,41	1,42	1,49
Ag	22,1	21,1	18,3	22,1	13,6	17,8	20,4	19,9	21,3	20,2	22,2	25,4
Sb ₂ O ₃	13,1	12,3	29,8	43,5	22,8	30,4	41,4	39,9	24,2	34,8	78,2	31,2
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	55,4	74,6	60,8	53,4	67,9	76,5	53,6	57,9	64,4	57,7	61,2	50,0
La ₂ O ₃	4,50	4,93	4,61	3,86	5,04	3,54	3,97	4,47	5,81	4,48	4,60	3,52
CeO ₂	6,84	8,13	8,24	6,96	9,08	6,09	6,95	7,63	8,92	7,30	7,80	6,54
PrO ₂	0,86	1,11	1,02	0,92	1,07	0,76	0,86	0,93	1,11	1,00	0,90	0,82
Nd ₂ O ₃	4,13	5,03	4,53	3,69	4,55	3,43	3,87	4,08	4,82	3,96	4,40	3,32
Sm ₂ O ₃	0,79	1,06	0,88	0,93	1,04	0,67	0,82	0,91	0,87	0,81	0,99	0,76
Eu ₂ O ₃	0,15	0,21	0,18	0,099	0,18	0,14	0,16	0,18	0,19	0,16	0,21	0,17
Gd ₂ O ₃	0,89	1,17	0,90	0,90	0,92	0,51	0,46	0,63	0,80	0,75	0,80	0,34
Tb ₂ O ₃	0,11	0,15	0,15	0,097	0,14	0,097	0,10	0,15	0,13	0,11	0,12	0,089
Dy ₂ O ₃	0,88	0,91	0,86	0,42	0,80	0,50	0,68	0,74	0,82	0,87	0,74	0,70
Ho ₂ O ₃	0,14	0,14	0,15	0,13	0,17	0,15	0,16	0,14	0,20	0,11	0,11	0,14
Er ₂ O ₃	0,49	0,53	0,47	0,29	0,56	0,29	0,32	0,46	0,48	0,39	0,40	0,45
Tm ₂ O ₃	0,064	0,065	0,062	0,049	0,067	0,062	0,057	0,048	0,074	0,036	0,050	0,039
Yb ₂ O ₃	0,44	0,58	0,53	0,44	0,39	0,48	0,32	0,50	0,45	0,41	0,43	0,56
Lu ₂ O ₃	0,09	0,09	0,08	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,08	0,05
HfO ₂	0,84	1,02	1,00	0,49	1,03	0,39	0,61	0,79	1,29	0,67	0,82	0,76
Ta ₂ O ₃	0,13	0,20	0,17	0,16	0,26	0,12	0,19	0,16	0,22	0,18	0,12	0,097
Au	0,26	1,07	0,27	0,36	0,19	0,66	0,39	0,36	0,72	0,32	0,15	0,41
PbO	n.d.	23,7	72,3	94,3	35,1	110	86,7	97,2	81,0	102	135	118
Bi	0,13	3,51	2,96	4,37	1,99	7,39	4,13	4,01	8,93	4,12	3,23	4,86
ThO ₂	1,72	1,91	1,92	1,52	1,99	1,55	1,66	1,73	1,76	1,77	1,83	1,38
UO ₂	0,22	0,27	0,26	0,22	0,32	0,23	0,24	0,26	0,28	0,26	0,21	0,20

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 321 19	m 321 20	m 321 21	m 321 23	m 321 24	m 321 25	m 321 26	m 321 27	m 321 28	m 321 29	m 321 30	m 321 31
Na ₂ O	3,81%	5,44%	5,49%	3,67%	3,88%	6,56%	5,38%	5,30%	5,33%	5,38%	5,43%	5,50%
MgO	0,54%	0,70%	0,71%	0,77%	0,96%	0,57%	0,82%	0,70%	0,70%	0,68%	0,68%	0,66%
Al ₂ O ₃	1,65%	1,79%	1,76%	2,26%	1,73%	1,60%	1,78%	1,91%	1,84%	1,84%	1,78%	1,76%
SiO ₂	75,2%	72,2%	72,4%	71,8%	72,0%	76,5%	73,4%	72,8%	73,0%	72,5%	72,6%	72,2%
P ₂ O ₅	0,14%	0,20%	0,20%	0,15%	0,26%	0,13%	0,20%	0,19%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Cl	0,022%	0,050%	0,050%	0,038%	0,050%	0,17%	0,058%	0,053%	0,042%	0,059%	0,053%	0,048%
K ₂ O	11,8%	9,15%	9,23%	13,0%	11,2%	8,69%	9,44%	8,74%	8,92%	8,97%	8,88%	9,17%
CaO	1,45%	1,81%	1,83%	2,29%	3,67%	1,64%	2,13%	1,83%	1,84%	1,75%	1,78%	1,73%
Fe ₂ O ₃	0,46%	0,50%	0,50%	0,66%	0,56%	0,51%	0,53%	0,48%	0,49%	0,49%	0,50%	0,50%
CuO	4,56%	7,58%	7,25%	4,77%	4,86%	3,28%	5,69%	7,46%	7,11%	7,62%	7,56%	7,65%
SnO ₂	0,30%	0,39%	0,38%	0,32%	0,64%	0,22%	0,37%	0,37%	0,37%	0,38%	0,39%	0,39%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	46,3	109	110	78,2	150	64,5	140	122	126	127	129	133
B ₂ O ₃	95,7	110	106	113	115	78,9	104	105	112	102	106	101
TiO ₂	482	515	523	718	618	622	562	519	534	509	515	519
V ₂ O ₅	8,01	9,74	10,0	13,4	12,6	9,98	10,0	9,32	9,68	9,75	9,56	9,92
Cr ₂ O ₃	7,03	7,82	8,60	6,86	10,2	11,7	8,82	7,10	8,35	7,98	8,32	8,16
MnO	111	98,9	98,8	141	100	122	106	100	98,2	96,9	96,8	96,6
CoO	19,0	25,5	24,6	26,2	17,8	12,2	20,6	23,6	24,4	24,7	24,7	25,2
NiO	24,5	52,2	51,2	36,4	26,5	62,4	40,8	49,7	50,3	50,4	52,1	52,7
ZnO	84,3	126	131	91,1	120	77,0	116	118	142	119	125	124
As ₂ O ₃	41,1	52,3	48,6	44,0	51,7	57,9	39,6	49,3	48,3	48,3	50,9	53,3
Rb ₂ O	118	113	118	166	143	122	123	108	116	112	110	115
SrO	100	144	145	134	286	136	170	150	150	143	143	139
Y ₂ O ₃	3,14	3,51	3,32	4,40	3,61	3,93	4,28	3,72	3,42	3,41	3,44	3,49
ZrO ₂	21,3	22,5	21,4	34,3	21,9	27,0	26,4	23,2	23,6	22,5	22,5	21,8
Nb ₂ O ₃	1,30	1,49	1,58	2,93	1,54	1,44	1,53	1,46	1,46	1,38	1,49	1,47
Ag	15,1	20,2	19,7	12,2	19,9	22,3	12,9	19,9	18,6	19,7	19,7	20,3
Sb ₂ O ₃	14,0	42,8	40,3	18,5	30,5	81,4	36,2	40,6	40,3	41,0	41,6	41,8
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	38,5	53,6	50,7	76,2	80,5	61,9	62,7	67,3	54,8	50,5	51,6	49,0
La ₂ O ₃	2,85	4,09	3,91	5,82	3,75	4,44	4,46	4,12	4,08	4,06	3,87	3,70
CeO ₂	5,74	7,26	7,21	10,0	6,44	8,22	7,65	7,18	7,63	7,26	7,16	7,37
PrO ₂	0,64	0,87	0,90	1,27	0,78	0,97	1,00	0,94	0,90	0,89	0,88	0,77
Nd ₂ O ₃	2,62	3,74	3,16	4,33	3,36	3,83	4,10	4,00	3,68	3,35	3,69	3,59
Sm ₂ O ₃	0,50	0,48	0,86	0,99	0,71	1,01	0,70	0,82	0,71	0,74	0,79	0,83
Eu ₂ O ₃	0,15	0,16	0,13	0,22	0,12	0,18	0,19	0,12	0,14	0,13	0,16	0,16
Gd ₂ O ₃	0,62	0,48	0,45	1,27	0,49	0,85	0,71	0,84	0,60	0,55	0,96	0,50
Tb ₂ O ₃	0,10	0,10	0,086	0,16	0,093	0,13	0,14	0,11	0,13	0,10	0,10	0,11
Dy ₂ O ₃	0,62	0,68	0,73	0,64	0,75	0,77	0,81	0,77	0,67	0,69	0,51	0,63
Ho ₂ O ₃	0,12	0,11	0,12	0,17	0,14	0,15	0,13	0,095	0,10	0,095	0,12	0,12
Er ₂ O ₃	0,40	0,37	0,31	0,48	0,28	0,46	0,37	0,42	0,44	0,37	0,36	0,35
Tm ₂ O ₃	0,063	0,042	0,037	0,059	0,037	0,045	0,054	0,061	0,037	0,039	0,051	0,020
Yb ₂ O ₃	0,40	0,32	0,46	0,34	0,37	0,36	0,40	0,43	0,19	0,31	0,29	0,58
Lu ₂ O ₃	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,03	0,05	0,04	0,04	0,06
HfO ₂	0,65	0,65	0,61	0,81	0,53	0,58	0,73	0,66	0,54	0,61	0,60	0,75
Ta ₂ O ₃	0,17	0,13	0,13	0,25	0,14	0,12	0,15	0,13	0,21	0,17	0,15	0,13
Au	0,28	0,33	0,26	0,63	0,63	0,16	0,30	0,31	0,33	0,38	0,33	0,45
PbO	76,9	109	94,3	38,9	104	163	83,1	79,9	98,8	102	110	108
Bi	3,77	4,38	4,02	3,48	7,59	3,37	3,65	4,16	4,07	4,04	4,13	4,26
ThO ₂	1,08	1,56	1,59	2,13	1,63	1,80	1,68	1,50	1,58	1,53	1,42	1,38
UO ₂	0,19	0,23	0,28	0,38	0,23	0,25	0,26	0,26	0,25	0,26	0,26	0,24

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 321 32	m 321 33	m 321 34	m 321 35	m 321 36	m 321 39	m 321 40	m 321 41	m 321 42	m 321 43	m 339 1	m 339 2
Na ₂ O	5,48%	4,70%	7,44%	5,04%	4,95%	3,78%	5,62%	5,56%	5,51%	5,29%	5,90%	5,79%
MgO	0,75%	0,66%	0,59%	0,71%	0,70%	0,81%	0,81%	1,01%	1,01%	0,89%	0,79%	0,69%
Al ₂ O ₃	1,87%	1,90%	1,84%	2,02%	1,97%	1,81%	1,59%	1,57%	1,56%	1,77%	1,84%	1,88%
SiO ₂	74,7%	75,7%	76,3%	73,8%	73,8%	73,1%	74,6%	71,9%	71,9%	74,0%	74,8%	74,5%
P ₂ O ₅	0,22%	0,16%	0,13%	0,18%	0,19%	0,24%	0,14%	0,21%	0,21%	0,20%	0,17%	0,21%
Cl	0,070%	0,033%	0,25%	0,055%	0,062%	0,045%	0,22%	0,088%	0,091%	0,094%	0,10%	0,064%
K ₂ O	9,17%	10,5%	6,51%	8,59%	8,67%	11,1%	9,50%	9,49%	9,12%	9,31%	8,53%	9,93%
CaO	2,29%	1,69%	1,56%	1,95%	1,91%	3,22%	2,13%	1,81%	1,78%	1,80%	1,63%	2,65%
Fe ₂ O ₃	0,61%	0,60%	0,67%	0,47%	0,47%	0,52%	0,47%	0,42%	0,41%	0,38%	1,01%	0,49%
CuO	4,51%	3,52%	4,08%	6,65%	6,75%	4,57%	4,42%	7,30%	7,74%	5,73%	4,56%	3,15%
SnO ₂	0,17%	0,28%	0,44%	0,34%	0,35%	0,57%	0,33%	0,49%	0,52%	0,41%	0,44%	0,518%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	78,3	65,7	75,6	113	111	124	70,9	105	106	98,6	78,3	102
B ₂ O ₃	83,0	94,7	89,7	104	102	94,5	83,5	96,5	92,2	78,6	93,0	138
TiO ₂	661	698	689	529	519	566	637	473	484	452	876	481
V ₂ O ₅	13,1	10,8	11,6	9,30	9,26	12,5	11,5	8,29	7,92	7,78	17,6	9,66
Cr ₂ O ₃	10,6	7,79	9,29	7,81	8,57	9,65	8,01	8,55	8,44	7,68	12,9	7,26
MnO	119	115	188	94,7	95,3	92,6	108	94,1	91,7	88,9	162	106
CoO	24,3	22,9	21,8	21,7	22,7	16,5	31,1	21,0	21,9	16,9	20,0	25,7
NiO	23,2	38,1	34,1	46,7	48,2	25,1	48,1	58,0	60,7	44,4	35,5	54,5
ZnO	114	82,2	90,8	117	114	113	93,5	124	128	103	94,6	161
As ₂ O ₃	33,8	69,5	53,9	44,8	47,1	50,1	69,0	45,9	51,8	34,2	98,6	56,8
Rb ₂ O	133	103	102	108	110	137	109	104	107	95,5	120	145
SrO	163	104	137	159	157	257	111	127	133	129	115	183
Y ₂ O ₃	3,83	4,36	4,09	4,08	4,15	3,13	3,47	3,19	3,41	3,45	5,15	4,24
ZrO ₂	25,6	44,1	27,1	27,1	25,7	19,1	28,2	22,9	23,9	21,8	41,7	27,6
Nb ₂ O ₃	1,65	3,70	1,47	1,50	1,55	1,37	2,23	1,27	1,46	1,14	3,06	1,53
Ag	17,7	16,1	23,4	17,2	17,2	15,0	9,76	19,3	21,3	12,2	31,5	24,6
Sb ₂ O ₃	13,9	36,3	28,5	37,8	39,4	29,2	36,6	35,3	37,2	30,4	83,5	47,0
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	67,4	64,1	57,3	56,6	58,1	75,9	54,5	51,8	53,2	53,2	71,2	61,0
La ₂ O ₃	4,36	5,59	4,27	4,61	4,51	3,61	4,36	3,53	3,68	3,69	5,92	3,91
CeO ₂	8,61	9,83	10,7	7,53	7,25	6,20	7,71	6,18	6,47	5,73	11,9	6,47
PrO ₂	0,96	1,18	0,88	0,98	0,84	0,78	0,86	0,70	0,78	0,76	1,28	0,86
Nd ₂ O ₃	4,07	4,74	4,02	4,25	4,21	3,25	3,43	3,33	3,73	3,47	5,17	4,34
Sm ₂ O ₃	0,90	0,78	0,81	1,01	0,94	0,73	0,77	0,66	0,53	0,69	0,89	0,91
Eu ₂ O ₃	0,15	0,25	0,16	0,16	0,13	0,13	0,14	0,13	0,090	0,13	0,23	0,19
Gd ₂ O ₃	0,68	0,61	0,59	0,47	0,92	0,49	0,85	0,79	0,72	0,55	0,81	1,20
Tb ₂ O ₃	0,12	0,13	0,12	0,14	0,11	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,16	0,14
Dy ₂ O ₃	0,66	0,82	0,77	0,87	0,52	0,62	0,51	0,66	0,63	0,75	0,84	0,85
Ho ₂ O ₃	0,11	0,14	0,16	0,13	0,17	0,12	0,11	0,12	0,14	0,12	0,18	0,15
Er ₂ O ₃	0,28	0,36	0,44	0,42	0,38	0,30	0,34	0,33	0,32	0,36	0,47	0,44
Tm ₂ O ₃	0,066	0,075	0,040	0,067	0,059	0,042	0,047	0,025	0,053	0,049	0,073	0,043
Yb ₂ O ₃	0,49	0,39	0,50	0,52	0,45	0,19	0,39	0,34	0,35	0,31	0,52	0,38
Lu ₂ O ₃	0,05	0,06	0,08	0,05	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,03	0,09	0,06
HfO ₂	0,74	0,95	0,82	0,80	0,71	0,31	0,76	0,56	0,57	0,73	0,89	0,69
Ta ₂ O ₃	0,099	0,18	0,091	0,20	0,17	0,090	0,11	0,14	0,11	0,15	0,21	0,20
Au	0,72	0,41	0,42	0,29	0,35	0,58	0,42	0,36	0,39	0,30	0,20	0,36
PbO	14,3	67,7	134	79,8	99,4	101	57,1	94,5	96,1	60,1	58,4	81,8
Bi	2,30	5,62	5,15	3,66	3,92	7,34	3,85	3,00	3,06	2,38	6,71	4,09
ThO ₂	1,70	1,68	1,59	1,78	1,78	1,54	1,31	1,48	1,50	1,42	2,10	1,62
UO ₂	0,27	0,30	0,23	0,24	0,24	0,28	0,24	0,19	0,18	0,20	0,46	0,23

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 339 3	m 339 4	m 339 5	m 339 6	m 339 8	m 339 9	m 339 10	m 339 11	m 339 12	m 339 13	m 339 14	m 339 16
Na ₂ O	4,72%	6,85%	4,52%	5,44%	4,68%	5,78%	4,66%	4,47%	5,36%	5,19%	5,06%	5,25%
MgO	0,61%	0,62%	0,63%	0,71%	0,72%	0,64%	0,60%	0,64%	0,74%	0,80%	0,91%	0,84%
Al ₂ O ₃	2,00%	2,32%	2,08%	1,95%	1,96%	2,54%	2,81%	1,88%	1,83%	1,85%	1,84%	1,77%
SiO ₂	73,9%	73,8%	74,3%	74,2%	74,6%	72,8%	72,7%	75,3%	72,2%	72,8%	73,2%	73,0%
P ₂ O ₅	0,16%	0,13%	0,15%	0,21%	0,15%	0,19%	0,16%	0,15%	0,22%	0,20%	0,20%	0,21%
Cl	0,048%	0,15%	0,044%	0,063%	0,028%	0,080%	0,054%	0,032%	0,068%	0,069%	0,060%	0,060%
K ₂ O	10,8%	9,19%	10,5%	9,24%	10,4%	9,70%	11,7%	10,3%	9,19%	8,77%	8,59%	8,79%
CaO	2,40%	2,43%	2,33%	2,80%	2,07%	2,47%	2,26%	1,98%	2,52%	2,40%	2,36%	2,32%
Fe ₂ O ₃	0,54%	0,67%	0,51%	0,47%	0,47%	0,62%	0,61%	0,48%	0,46%	0,41%	0,41%	0,42%
CuO	4,03%	3,31%	4,21%	4,23%	4,25%	4,96%	4,26%	4,04%	6,83%	6,88%	6,79%	6,80%
SnO ₂	0,54%	0,39%	0,58%	0,54%	0,51%	0,0064%	0,0077%	0,54%	0,45%	0,43%	0,42%	0,42%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	53,6	64,0	51,3	103	53,0	74,4	92,2	53,5	106	101	97,7	107
B ₂ O ₃	141	127	135	151	136	152	129	124	131	124	125	118
TiO ₂	549	667	550	484	536	690	820	536	511	476	472	470
V ₂ O ₅	9,48	13,8	9,01	9,58	9,14	12,4	9,60	9,10	10,5	9,22	9,01	9,59
Cr ₂ O ₃	6,21	11,3	5,88	8,02	4,68	9,28	8,92	5,82	8,63	7,00	7,16	7,28
MnO	107	121	107	104	102	138	131	101	105	95,5	94,0	96,4
CoO	22,3	19,1	22,3	25,5	21,9	9,43	6,06	22,5	23,7	24,3	23,9	24,0
NiO	22,9	33,3	22,8	54,0	22,3	14,7	13,4	22,9	51,4	50,5	49,8	51,0
ZnO	87,2	72,2	79,6	133	88,2	120	114	82,8	133	111	100	111
As ₂ O ₃	70,9	41,4	69,5	53,8	69,8	20,7	8,36	73,1	46,6	46,5	48,2	46,6
Rb ₂ O	108	100	104	126	96,8	138	130	99,3	116	104	100	105
SrO	119	144	115	189	107	132	124	100	156	155	157	153
Y ₂ O ₃	4,36	4,44	4,19	4,46	4,16	5,24	5,05	4,01	3,99	4,06	4,17	3,85
ZrO ₂	46,1	27,0	47,5	29,2	45,3	44,0	85,3	44,4	26,6	27,6	27,8	25,5
Nb ₂ O ₃	3,30	1,72	3,31	1,51	3,19	2,77	7,51	3,33	1,52	1,41	1,46	1,45
Ag	22,3	7,33	21,4	23,4	22,1	18,3	6,49	19,6	20,4	19,9	19,7	19,9
Sb ₂ O ₃	28,1	25,7	25,2	43,7	23,1	6,28	2,20	24,8	37,6	37,7	37,8	37,5
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	68,2	74,8	65,5	62,8	61,1	75,3	100	59,0	60,6	56,7	58,4	56,8
La ₂ O ₃	4,92	3,98	4,91	4,23	4,88	5,55	7,89	4,86	4,07	4,34	4,33	4,21
CeO ₂	7,65	6,75	7,43	6,55	7,28	9,19	13,2	7,78	7,01	6,51	6,56	6,86
PrO ₂	1,00	0,89	1,03	0,92	0,97	1,17	1,58	0,97	0,86	0,88	0,92	0,87
Nd ₂ O ₃	4,82	4,26	4,89	4,41	4,65	5,06	6,92	4,63	3,97	4,09	4,13	4,10
Sm ₂ O ₃	1,00	0,90	1,00	0,87	0,91	1,29	1,41	0,93	0,78	0,79	1,02	0,96
Eu ₂ O ₃	0,25	0,21	0,20	0,19	0,21	0,25	0,32	0,21	0,18	0,15	0,14	0,19
Gd ₂ O ₃	1,31	1,28	1,41	1,42	1,12	1,28	1,41	0,93	1,06	0,97	1,06	0,77
Tb ₂ O ₃	0,18	0,16	0,16	0,15	0,15	0,19	0,15	0,14	0,13	0,11	0,13	0,14
Dy ₂ O ₃	1,00	0,96	1,00	0,87	0,87	0,90	1,06	0,77	0,78	0,81	0,76	0,92
Ho ₂ O ₃	0,16	0,16	0,18	0,15	0,15	0,18	0,17	0,13	0,14	0,17	0,15	0,17
Er ₂ O ₃	0,53	0,59	0,55	0,51	0,47	0,54	0,49	0,45	0,49	0,41	0,45	0,44
Tm ₂ O ₃	0,062	0,059	0,057	0,075	0,069	0,074	0,079	0,045	0,058	0,035	0,40	0,044
Yb ₂ O ₃	0,52	0,56	0,39	0,44	0,46	0,57	0,56	0,42	0,55	0,40	0,36	0,42
Lu ₂ O ₃	0,08	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,08
HfO ₂	1,12	0,86	1,23	0,76	1,07	1,03	2,02	1,20	0,88	0,79	0,65	0,66
Ta ₂ O ₃	0,25	0,14	0,24	0,23	0,19	0,27	0,57	0,23	0,19	0,15	0,16	0,18
Au	0,78	0,31	0,81	0,34	0,76	0,29	0,074	0,74	0,35	0,34	0,33	0,35
PbO	96,1	56,0	82,5	96,0	68,7	26,7	4,12	81,0	88,7	83,6	88,9	83,0
Bi	9,09	3,92	8,45	3,84	8,34	1,07	2,75	8,36	3,54	3,51	3,55	3,50
ThO ₂	1,49	1,63	1,55	1,66	1,49	2,03	2,54	1,44	1,79	1,71	1,75	1,61
UO ₂	0,23	0,20	0,21	0,19	0,23	0,33	0,39	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 339 17	m 339 18	m 339 19	m 339 20	m 339 21	m 339 22	m 339 23	m 339 24	m 339 25	m 339 27	m 339 28	m 339 29
Na ₂ O	4,92%	4,44%	4,15%	4,66%	4,31%	4,19%	5,10%	5,35%	5,35%	5,52%	4,54%	5,11%
MgO	0,54%	0,68%	0,77%	0,70%	0,76%	0,78%	0,84%	0,80%	0,83%	0,82%	0,76%	0,70%
Al ₂ O ₃	1,60%	2,73%	2,02%	1,81%	2,05%	2,17%	1,85%	1,63%	1,62%	2,36%	1,87%	1,46%
SiO ₂	74,7%	73,9%	75,0%	75,6%	74,3%	74,3%	73,1%	72,9%	73,1%	75,2%	74,0%	74,7%
P ₂ O ₅	0,11%	0,15%	0,18%	0,15%	0,18%	0,18%	0,20%	0,20%	0,20%	0,14%	0,19%	0,19%
Cl	0,066%	0,052%	0,077%	0,024%	0,070%	0,066%	0,073%	0,063%	0,068%	0,10%	0,069%	0,054%
K ₂ O	10,6%	11,2%	8,78%	10,4%	9,13%	8,97%	8,68%	8,91%	8,97%	9,08%	9,52%	8,76%
CaO	1,96%	2,04%	3,79%	1,80%	3,95%	4,15%	2,40%	2,13%	2,12%	1,84%	3,57%	1,90%
Fe ₂ O ₃	0,52%	0,55%	0,58%	0,47%	0,60%	0,60%	0,42%	0,42%	0,41%	0,52%	0,59%	0,38%
CuO	4,38%	4,11%	4,44%	3,83%	4,44%	4,40%	6,82%	7,04%	6,75%	4,28%	4,66%	6,15%
SnO ₂	0,51%	0,0050%	0,033%	0,466%	0,033%	0,032%	0,40%	0,43%	0,41%	0,025%	0,034%	0,41%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	61,8	89,2	64,3	61,3	68,9	65,8	104	107	112	70,2	73,1	114
B ₂ O ₃	107	122	112	105	109	108	114	111	108	104	102	98,7
TiO ₂	522	795	633	551	658	671	488	456	473	647	636	429
V ₂ O ₅	9,23	9,31	12,8	9,70	13,3	13,2	9,66	9,77	10,1	12,1	13,7	9,28
Cr ₂ O ₃	7,51	7,14	11,8	5,26	12,6	12,1	8,02	7,45	8,12	9,22	12,8	6,36
MnO	93,3	122	119	102	124	124	95,4	93,5	95,1	125	121	86,0
CoO	22,6	4,54	19,1	22,3	19,6	19,4	23,6	24,7	23,4	11,2	20,3	21,6
NiO	25,5	12,4	18,7	22,9	19,3	18,5	49,0	52,1	49,7	15,0	19,9	43,2
ZnO	75,8	105	77,4	78,1	79,3	78,0	110	108	112	85,3	86,8	100
As ₂ O ₃	74,1	8,46	41,3	74,2	40,9	41,3	46,0	50,4	50,2	18,2	43,4	42,1
Rb ₂ O	93,0	122	103	100	107	105	107	107	109	128	112	108
SrO	86,7	119	194	94,7	201	210	157	139	143	105	182	125
Y ₂ O ₃	3,53	5,01	4,57	3,71	4,81	5,13	4,05	3,51	3,56	4,51	3,92	3,08
ZrO ₂	40,0	88,4	33,7	43,8	35,9	38,1	27,9	23,8	24,5	34,7	29,8	19,9
Nb ₂ O ₃	2,70	7,55	1,89	3,56	2,04	2,07	1,51	1,41	1,45	2,41	2,00	1,26
Ag	22,0	6,33	8,65	21,3	9,69	8,94	20,7	20,3	18,0	18,2	9,24	21,3
Sb ₂ O ₃	27,1	2,03	9,11	24,0	9,26	9,14	36,8	38,9	38,7	9,72	9,62	34,3
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	59,4	100	72,8	60,4	74,7	79,1	59,8	51,4	55,5	69,5	70,4	46,9
La ₂ O ₃	4,44	8,42	5,02	4,91	5,86	5,71	4,60	3,99	4,45	5,17	4,95	3,65
CeO ₂	7,37	13,7	8,53	8,63	9,02	9,22	7,11	6,92	7,69	8,44	9,10	6,48
PrO ₂	0,81	1,57	1,10	1,04	1,07	1,19	0,98	0,90	0,88	0,99	1,00	0,73
Nd ₂ O ₃	3,88	6,68	4,84	4,26	5,04	5,38	4,02	3,84	3,98	4,61	4,65	3,40
Sm ₂ O ₃	0,93	1,48	1,09	0,88	1,20	0,97	0,97	0,78	0,91	0,98	1,02	0,68
Eu ₂ O ₃	0,24	0,37	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15	0,17	0,21	0,17	0,12
Gd ₂ O ₃	0,88	1,31	1,10	0,97	0,97	0,94	0,89	0,67	0,59	1,01	0,92	0,59
Tb ₂ O ₃	0,13	0,21	0,15	0,12	0,16	0,15	0,12	0,11	0,10	0,12	0,15	0,11
Dy ₂ O ₃	0,82	1,09	0,86	0,72	0,92	0,94	0,75	0,77	0,66	0,84	0,87	0,63
Ho ₂ O ₃	0,13	0,18	0,14	0,14	0,14	0,23	0,15	0,13	0,12	0,15	0,12	0,11
Er ₂ O ₃	0,43	0,52	0,55	0,39	0,59	0,63	0,55	0,41	0,48	0,50	0,48	0,35
Tm ₂ O ₃	0,13	0,084	0,080	0,055	0,047	0,061	0,049	0,043	0,055	0,049	0,053	0,045
Yb ₂ O ₃	0,42	0,48	0,53	0,33	0,46	0,51	0,45	0,33	0,38	0,46	0,36	0,38
Lu ₂ O ₃	0,04	0,06	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,04	0,08	0,07	0,06	0,03
HfO ₂	1,18	1,81	0,93	0,98	0,95	0,94	0,66	0,81	0,68	0,73	0,76	0,48
Ta ₂ O ₃	0,16	0,52	0,16	0,18	0,15	0,16	0,15	0,16	0,18	0,38	0,14	0,14
Au	0,89	0,080	0,26	0,76	0,25	0,25	0,31	0,35	0,30	0,24	0,27	0,29
PbO	93,4	9,05	18,5	81,7	21,5	16,0	85,5	90,9	96,4	1,36	17,6	73,6
Bi	7,84	2,74	6,31	8,23	6,42	6,39	3,37	3,75	3,66	1,78	6,95	3,19
ThO ₂	1,19	2,54	2,00	1,56	2,00	2,11	1,89	1,58	1,81	1,86	1,78	1,34
UO ₂	0,22	0,39	0,28	0,26	0,30	0,30	0,20	0,22	0,24	0,33	0,29	0,20

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Oxyde %	m 339 30	m 339 31	m 339 32	m 339 33	m 339 34	m 339 35	m 339 36	m 339 37	m 339 38	m 339 39	m 339 41	m 339 42
Na ₂ O	5,65%	6,69%	6,05%	4,26%	5,40%	5,49%	5,99%	5,30%	5,19%	6,82%	5,59%	3,77%
MgO	0,90%	0,77%	0,89%	0,94%	0,57%	0,59%	0,57%	0,70%	0,73%	0,70%	0,91%	0,70%
Al ₂ O ₃	2,51%	2,21%	2,52%	2,02%	1,42%	1,42%	1,78%	1,48%	1,53%	1,87%	1,36%	0,84%
SiO ₂	75,3%	75,7%	74,9%	74,9%	72,7%	73,1%	73,8%	73,4%	74,6%	75,5%	72,5%	73,1%
P ₂ O ₅	0,13%	0,12%	0,13%	0,18%	0,13%	0,13%	0,14%	0,14%	0,12%	0,089%	0,14%	0,13%
Cl	0,068%	0,17%	0,043%	0,068%	0,086%	0,10%	0,12%	0,10%	0,084%	0,19%	0,089%	0,40%
K ₂ O	7,95%	8,26%	8,40%	8,88%	9,69%	8,96%	8,95%	8,48%	8,57%	8,59%	9,20%	12,9%
CaO	1,86%	1,96%	1,81%	3,49%	1,88%	1,94%	2,25%	2,10%	1,77%	1,88%	1,92%	2,11%
Fe ₂ O ₃	0,58%	0,52%	0,69%	0,55%	0,39%	0,38%	0,51%	0,40%	0,35%	0,55%	0,39%	0,22%
CuO	4,39%	3,11%	4,00%	4,49%	7,01%	7,25%	5,45%	7,20%	6,54%	3,14%	7,27%	5,03%
SnO ₂	0,45%	0,31%	0,35%	0,032%	0,55%	0,54%	0,29%	0,53%	0,38%	0,56%	0,52%	0,72%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	59,1	63,1	93,6	65,9	96,2	104	80,4	104	95,6	67,1	108	35,1
B ₂ O ₃	99,0	103	90,6	105	90,5	94,5	109	95,8	94,0	95,0	100	57,2
TiO ₂	772	689	868	629	401	412	597	430	410	641	430	307
V ₂ O ₅	13,7	13,6	17,3	13,1	7,87	8,70	11,8	8,84	8,24	13,3	9,34	6,23
Cr ₂ O ₃	9,42	10,1	10,8	11,7	7,80	7,66	10,6	8,58	7,25	11,2	8,51	4,30
MnO	128	106	143	117	70,7	77,5	102	82,6	74,6	95,9	80,6	39,2
CoO	20,1	16,1	19,4	18,9	19,2	21,8	16,2	21,8	18,6	15,9	21,4	13,2
NiO	31,8	25,5	33,3	18,8	44,1	47,3	49,2	50,7	44,3	30,6	50,1	16,0
ZnO	83,5	54,3	98,9	76,0	82,4	100	95,4	92,9	84,1	52,8	121	93,9
As ₂ O ₃	110	43,3	107	42,2	57,0	42,6	34,5	44,2	37,7	39,1	49,9	41,7
Rb ₂ O	95,8	84,6	102	99,4	117	91,5	104	89,6	83,3	82,2	110	64,3
SrO	105	135	97,2	190	103	112	119	118	103	108	120	72,5
Y ₂ O ₃	5,76	4,97	5,61	4,61	2,93	3,03	4,02	3,38	2,75	3,93	3,23	1,65
ZrO ₂	48,7	31,4	45,4	34,2	18,1	19,3	33,4	22,5	19,2	26,6	22,3	17,0
Nb ₂ O ₃	2,93	1,77	2,98	1,85	0,99	1,38	1,52	1,19	1,14	1,46	1,26	0,94
Ag	33,0	18,3	31,2	10,1	16,8	19,1	14,1	19,2	15,3	8,08	19,9	13,7
Sb ₂ O ₃	85,1	18,6	85,6	9,68	31,0	33,1	23,7	34,7	29,1	21,1	36,4	16,9
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	71,2	72,3	67,6	75,7	46,4	48,4	65,6	50,9	46,3	68,3	49,9	57,6
La ₂ O ₃	6,62	5,03	6,56	5,33	3,03	3,40	4,74	3,83	3,23	4,08	3,81	2,40
CeO ₂	10,5	8,32	11,6	9,29	5,59	5,69	8,57	6,69	5,72	7,17	6,72	3,98
PrO ₂	1,29	1,04	1,24	1,11	0,58	0,66	0,84	0,72	0,56	0,83	0,67	0,41
Nd ₂ O ₃	5,96	4,34	5,54	5,01	3,84	3,50	4,39	4,02	3,16	3,98	3,48	1,91
Sm ₂ O ₃	1,31	0,89	1,25	0,74	0,79	0,88	0,84	0,75	0,50	0,66	0,56	0,26
Eu ₂ O ₃	0,24	0,19	0,24	0,26	0,17	0,089	0,14	0,14	0,099	0,15	0,13	0,071
Gd ₂ O ₃	1,05	0,66	1,05	0,80	0,67	0,52	0,84	0,89	0,75	0,78	0,57	0,30
Tb ₂ O ₃	0,16	0,14	0,16	0,13	0,084	0,036	0,14	0,14	0,095	0,13	0,067	0,047
Dy ₂ O ₃	1,11	0,95	1,02	1,11	0,37	0,24	0,77	0,93	0,52	0,80	0,65	0,30
Ho ₂ O ₃	0,22	0,15	0,18	0,18	0,10	0,056	0,12	0,10	0,081	0,12	0,094	0,043
Er ₂ O ₃	0,57	0,69	0,62	0,61	0,26	0,25	0,46	0,35	0,25	0,49	0,36	0,21
Tm ₂ O ₃	0,080	0,073	0,084	0,084	0,049	n.d.	0,053	0,032	0,044	0,059	0,048	0,021
Yb ₂ O ₃	0,66	0,51	0,52	0,40	0,092	0,18	0,49	0,30	0,27	0,44	0,20	0,16
Lu ₂ O ₃	0,08	0,07	0,07	0,07	0,02	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,03
HfO ₂	1,09	0,80	1,35	1,04	0,74	0,81	0,95	0,74	0,59	0,69	0,49	0,43
Ta ₂ O ₃	0,26	0,16	0,25	0,15	0,079	0,053	0,22	0,16	0,14	0,12	0,13	0,062
Au	0,46	0,44	0,19	0,32	0,27	0,39	0,23	0,40	0,25	0,35	0,35	0,30
PbO	93,8	43,2	74,2	19,4	81,4	85,5	47,0	99,1	71,6	67,1	94,6	65,2
Bi	6,88	3,78	6,28	6,60	2,82	3,19	1,89	3,04	2,51	3,02	3,13	4,06
ThO ₂	2,51	2,12	2,27	1,91	1,22	1,40	1,66	1,43	1,21	1,54	1,30	0,86
UO ₂	0,32	0,23	0,39	0,29	0,14	0,22	0,29	0,18	0,19	0,22	0,19	0,14

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique

Perles à nodosités, verre bleu turquoise sodo-potassique (m 57 et m 79)

Perles annulaires bleu foncé en verre sodo-potassique (m 321 3 et m 321 22)

Oxyde %	m 339 44	m 339 46	m 57 bleu	m 79 corps bleu	m 79 ocelle 1 bleu	m 79 ocelle 2 sép. bleu	m 321 3	m 321 22
Na ₂ O	4,95%	6,84%	5,89%	5,54%	5,86%	6,02%	7,39%	5,21%
MgO	0,80%	0,72%	0,74%	0,67%	0,74%	1,06%	0,61%	0,51%
Al ₂ O ₃	1,93%	1,85%	1,63%	1,83%	2,04%	2,08%	1,59%	1,46%
SiO ₂	75,1%	75,7%	74,1%	76,2%	74,6%	74,5%	77,4%	77,0%
P ₂ O ₅	0,12%	0,082%	0,24%	0,12%	0,13%	0,19%	0,25%	0,13%
Cl	0,10%	0,18%	0,085%	0,088%	0,093%	0,093%	0,091%	0,037%
K ₂ O	10,4%	8,67%	8,92%	8,31%	8,63%	8,58%	8,31%	10,5%
CaO	1,76%	1,86%	2,12%	2,14%	2,51%	2,00%	1,99%	1,45%
Fe ₂ O ₃	0,39%	0,53%	0,94%	0,61%	0,68%	0,62%	0,84%	1,17%
CuO	4,15%	3,08%	4,61%	3,84%	4,05%	4,20%	0,66%	1,22%
SnO ₂	0,095%	0,35%	0,52%	0,47%	0,45%	0,47%	0,0017%	0,011%
Oxyde ppm								
Li ₂ O	79,0	65,1	81,7	71,6	67,9	74,1	32,8	65,3
B ₂ O ₃	93,4	89,2	106	84,3	88,9	91,2	111	76,7
TiO ₂	488	648	717	542	610	693	627	610
V ₂ O ₅	7,23	13,7	17,2	12,4	13,8	13,0	11,9	11,3
Cr ₂ O ₃	7,47	10,5	14,0	11,3	12,0	13,4	9,32	7,55
MnO	97,6	93,5	148	107	117	125	133	112
CoO	19,5	16,1	26,3	18,9	20,1	20,5	1137	2260
NiO	27,9	30,1	48,6	42,1	43,2	50,9	3478	4160
ZnO	79,2	51,6	100	75,7	78,8	102	70,2	79,0
As ₂ O ₃	32,4	41,0	57,0	40,5	44,2	49,9	2166	2741
Rb ₂ O	144	82,0	112	74,1	78,1	85,7	103	111
SrO	80,5	112	172	109	129	137	126	89,9
Y ₂ O ₃	4,22	4,22	4,58	3,47	4,00	4,44	3,30	2,83
ZrO ₂	43,8	27,0	26,2	20,8	24,2	27,2	22,2	19,1
Nb ₂ O ₃	4,01	1,50	1,99	1,30	1,50	1,75	1,42	1,32
Ag	12,2	7,25	13,3	9,85	12,9	12,6	32,1	55,7
Sb ₂ O ₃	9,86	20,3	34,2	33,5	30,2	28,0	920	2897
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	62,5	70,3	66,9	54,5	64,6	65,4	53,7	39,1
La ₂ O ₃	5,74	4,60	5,09	3,45	4,23	4,75	3,12	3,18
CeO ₂	9,34	7,90	10,1	6,32	7,34	8,59	6,61	6,85
PrO ₂	0,98	0,80	1,11	0,69	0,82	0,97	0,76	0,71
Nd ₂ O ₃	4,90	4,25	4,58	3,63	4,19	4,76	3,14	2,93
Sm ₂ O ₃	1,00	0,82	0,87	0,73	0,80	1,01	0,69	0,59
Eu ₂ O ₃	0,20	0,15	0,17	0,17	0,15	0,20	0,15	0,13
Gd ₂ O ₃	0,76	0,67	0,36	1,04	1,11	0,71	0,86	0,51
Tb ₂ O ₃	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,12	0,098	0,075
Dy ₂ O ₃	0,78	0,76	0,84	0,77	1,00	0,80	0,72	0,51
Ho ₂ O ₃	0,13	0,12	0,18	0,11	0,14	0,14	0,13	0,12
Er ₂ O ₃	0,43	0,49	0,46	0,43	0,55	0,44	0,35	0,30
Tm ₂ O ₃	0,051	0,050	0,063	0,052	0,064	0,062	0,044	0,017
Yb ₂ O ₃	0,42	0,39	0,48	0,39	0,44	0,48	0,44	0,22
Lu ₂ O ₃	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
HfO ₂	1,26	0,72	0,74	0,61	0,75	0,65	0,62	0,34
Ta ₂ O ₃	0,33	0,14	0,13	0,10	0,11	0,15	0,11	0,078
Au	0,29	0,35	0,30	0,38	0,32	0,30	0,28	0,21
PbO	22,3	53,4	54,1	71,0	81,3	75,9	5,32	18,8
Bi	1,79	2,99	4,08	2,46	2,82	2,83	1,34	2,15
ThO ₂	1,91	1,62	1,78	1,25	1,56	1,98	1,11	1,19
UO ₂	0,34	0,23	0,35	0,20	0,22	0,25	0,24	0,21

Perles annulaires bleu turquoise en verre potassique

Oxyde %	m 339 43	m 321 12	m 339 7	m 321 45	m 339 47	m 302 h	m 321 44	m 308 d	m 302 f	m 307 q	m 307 h	m 321 37
Na ₂ O	2,19%	1,88%	1,39%	1,27%	1,26%	0,97%	0,96%	0,96%	0,95%	0,95%	0,95%	0,80%
MgO	0,54%	0,82%	0,82%	0,61%	0,80%	0,92%	0,86%	0,93%	0,93%	0,96%	0,93%	0,67%
Al ₂ O ₃	1,06%	2,49%	1,62%	2,16%	1,93%	1,47%	0,83%	1,51%	1,52%	1,55%	1,46%	1,98%
SiO ₂	69,2%	70,2%	69,8%	71,9%	71,6%	72,3%	70,5%	72,4%	72,1%	72,5%	72,4%	70,7%
P ₂ O ₅	0,16%	0,39%	0,24%	0,18%	0,21%	0,37%	0,44%	0,38%	0,37%	0,36%	0,34%	0,21%
Cl	0,056%	0,017%	0,054%	0,040%	0,046%	0,016%	0,028%	0,020%	0,029%	0,034%	0,032%	0,037%
K ₂ O	15,5%	17,4%	17,3%	15,8%	15,8%	15,6%	18,1%	15,5%	15,6%	15,8%	15,6%	16,5%
CaO	1,65%	2,88%	1,79%	1,48%	1,82%	3,11%	2,65%	3,16%	3,14%	3,24%	3,17%	1,80%
Fe ₂ O ₃	0,27%	0,66%	0,60%	0,55%	0,58%	0,50%	0,25%	0,51%	0,50%	0,52%	0,51%	0,44%
CuO	8,51%	3,00%	5,78%	5,24%	5,29%	4,43%	5,19%	4,25%	4,43%	3,72%	4,22%	6,29%
SnO ₂	0,73%	0,019%	0,44%	0,56%	0,42%	0,18%	0,026%	0,17%	0,20%	0,15%	0,19%	0,41%
Oxyde ppm												
Li ₂ O	25,4	98,7	107	97,5	102	64,4	143	56,6	56,2	59,9	65,2	61,1
B ₂ O ₃	102	100	142	68,4	113	106	65,0	109	111	97,8	99,3	109
TiO ₂	313	686	709	683	719	599	275	610	612	645	612	494
V ₂ O ₅	5,63	13,8	12,7	12,5	12,8	15,1	5,47	15,2	14,9	16,1	15,2	9,20
Cr ₂ O ₃	4,86	7,74	6,97	5,50	6,26	9,27	2,17	9,33	10,3	10,9	10,5	5,50
MnO	36,3	134	99,2	89,4	96,7	127	55,4	127	126	132	129	85,3
CoO	17,8	33,3	23,8	20,8	22,8	34,2	11,5	31,8	33,7	28,4	34,1	24,9
NiO	20,9	23,8	53,8	46,4	52,2	33,5	161	28,7	30,2	25,3	32,6	34,8
ZnO	141	125	144	112	114	91,0	230	96,3	87,8	84,8	86,9	90,2
As ₂ O ₃	63,8	32,5	52,5	44,3	47,8	47,0	54,8	45,3	47,2	39,4	44,9	50,7
Rb ₂ O	127	236	324	287	297	303	186	309	305	317	305	182
SrO	69,3	250	114	97,3	119	212	82,3	214	212	225	217	107
Y ₂ O ₃	1,59	4,15	3,07	2,42	3,27	2,21	1,56	2,33	2,37	2,50	2,29	2,50
ZrO ₂	14,5	29,9	28,0	23,1	29,9	12,5	9,72	13,6	13,3	15,0	12,8	18,1
Nb ₂ O ₃	0,87	3,18	1,43	1,44	1,47	1,33	0,74	1,41	1,39	1,60	1,35	1,73
Ag	25,4	9,48	11,5	8,83	10,1	23,7	11,8	19,6	18,2	17,5	25,7	12,3
Sb ₂ O ₃	30,2	7,51	27,7	24,6	23,7	20,8	7,38	16,7	17,9	12,5	19,9	10,5
Cs ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,76	n.d.	0,76	0,76	0,90	0,85	n.d.
BaO	49,8	111	78,2	67,9	81,7	92,2	73,0	92,1	92,4	100	94,3	52,7
La ₂ O ₃	2,06	8,16	3,34	3,10	3,85	2,99	3,14	3,23	3,22	3,61	3,22	3,32
CeO ₂	3,20	14,9	6,24	6,44	7,14	6,46	4,65	6,52	6,49	7,34	6,54	6,21
PrO ₂	0,42	1,61	0,80	0,69	0,81	0,72	0,50	0,71	0,71	0,80	0,72	0,71
Nd ₂ O ₃	1,96	6,50	3,62	2,44	3,60	2,69	2,04	2,72	2,75	3,01	2,70	2,89
Sm ₂ O ₃	0,39	1,18	0,61	0,44	0,71	0,57	0,47	0,52	0,59	0,56	0,56	0,64
Eu ₂ O ₃	0,063	0,23	0,14	0,098	0,13	0,13	0,082	0,12	0,10	0,16	0,10	0,10
Gd ₂ O ₃	0,27	1,04	0,66	0,39	0,63	0,43	0,35	0,46	0,49	0,52	0,40	0,48
Tb ₂ O ₃	0,047	0,15	0,10	0,062	0,10	0,068	0,045	0,073	0,072	0,089	0,069	0,081
Dy ₂ O ₃	0,31	0,84	0,52	0,47	0,61	0,44	0,24	0,45	0,45	0,47	0,44	0,50
Ho ₂ O ₃	0,053	0,17	0,11	0,043	0,11	0,080	0,039	0,086	0,096	0,49	0,085	0,082
Er ₂ O ₃	0,17	0,43	0,32	0,29	0,33	0,22	0,22	0,23	0,24	0,29	0,23	0,22
Tm ₂ O ₃	0,018	0,051	0,048	0,038	0,039	0,038	0,019	0,031	0,038	0,029	0,034	0,042
Yb ₂ O ₃	0,18	0,54	0,34	0,19	0,41	0,20	0,18	0,21	0,22	0,26	0,23	0,24
Lu ₂ O ₃	0,02	0,06	0,04	0,07	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02
HfO ₂	0,45	0,75	0,73	0,67	0,63	0,30	0,36	0,36	0,37	0,37	0,34	0,52
Ta ₂ O ₃	0,066	0,26	0,098	0,070	0,11	0,087	0,067	0,096	0,11	0,11	0,098	0,12
Au	0,43	0,069	0,31	0,19	0,27	0,79	0,11	0,95	0,68	0,49	0,69	0,17
PbO	144	10,9	14,4	18,3	3,36	45,5	n.d.	39,3	43,7	35,0	47,0	n.d.
Bi	9,00	0,79	3,45	2,68	3,03	3,78	2,51	3,75	3,88	3,27	3,66	3,45
ThO ₂	0,67	3,68	1,30	1,04	1,40	1,02	0,61	1,10	1,11	1,18	1,04	1,11
UO ₂	0,12	0,53	0,20	0,21	0,21	0,28	0,15	0,27	0,29	0,32	0,29	0,21

Perles annulaires bleu turquoise en verre potassique

Oxyde %	m 309 h	m 321 38	m 339 26	m 321 47	m 339 45	m 321 46	m 321 50	m 321 48	m 321 49
Na ₂ O	0,78%	0,69%	0,68%	0,68%	0,67%	0,67%	0,63%	0,59%	0,58%
MgO	0,58%	0,57%	0,76%	0,56%	0,65%	0,55%	0,48%	0,58%	0,55%
Al ₂ O ₃	1,37%	2,26%	1,66%	2,14%	1,89%	2,08%	1,55%	2,44%	2,02%
SiO ₂	73,6%	70,8%	67,3%	71,2%	70,9%	71,5%	72,1%	71,8%	73,6%
P ₂ O ₅	0,21%	0,15%	0,20%	0,16%	0,18%	0,14%	0,16%	0,16%	0,15%
Cl	0,018%	0,036%	0,064%	0,026%	0,046%	0,025%	n.d.	0,030%	0,026%
K ₂ O	15,6%	17,0%	20,0%	16,5%	16,8%	16,6%	16,3%	15,7%	14,8%
CaO	1,89%	1,58%	3,78%	1,59%	1,76%	1,56%	1,57%	1,80%	1,68%
Fe ₂ O ₃	0,39%	0,41%	0,50%	0,43%	0,44%	0,42%	0,32%	0,42%	0,40%
CuO	5,06%	6,19%	4,53%	6,31%	6,37%	6,10%	6,61%	6,08%	5,91%
SnO ₂	0,33%	0,16%	0,36%	0,25%	0,18%	0,17%	0,16%	0,29%	0,16%
Oxyde ppm									
Li ₂ O	65,8	75,0	55,3	73,4	73,0	78,1	54,5	68,6	62,4
B ₂ O ₃	99,4	93,3	97,6	92,2	125	83,8	94,5	96,2	81,7
TiO ₂	474	462	526	476	473	443	456	472	503
V ₂ O ₅	11,8	10,2	11,0	10,7	9,89	9,99	10,7	10,4	11,1
Cr ₂ O ₃	5,67	6,88	10,7	7,07	6,85	7,88	n.d.	6,48	9,29
MnO	106	71,2	99,0	76,4	77,9	74,7	73,7	77,4	76,4
CoO	32,8	26,5	17,3	27,6	27,3	27,7	26,2	26,4	24,6
NiO	38,2	44,8	46,0	50,0	48,6	49,0	42,6	48,6	45,3
ZnO	72,6	71,2	90,0	86,5	87,5	71,5	67,8	68,5	73,4
As ₂ O ₃	59,5	51,3	25,0	55,1	58,5	52,1	62,1	51,0	58,9
Rb ₂ O	217	187	166	194	191	200	158	193	174
SrO	115	88,7	150	93,0	99,0	90,2	97,8	109	99,0
Y ₂ O ₃	2,31	2,40	3,26	2,36	2,76	1,77	2,29	2,62	1,60
ZrO ₂	15,9	12,7	23,2	13,6	14,8	12,3	15,7	17,3	14,5
Nb ₂ O ₃	1,71	1,24	1,28	1,12	1,19	1,21	1,01	1,18	1,15
Ag	14,1	13,3	9,49	14,9	15,9	13,4	15,5	17,0	12,6
Sb ₂ O ₃	13,1	21,6	21,8	23,9	24,8	23,6	34,2	21,7	21,9
Cs ₂ O	0,78	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	60,2	53,6	70,6	56,1	58,3	57,5	59,6	61,5	54,9
La ₂ O ₃	3,45	2,81	3,75	3,30	3,02	2,70	2,90	3,38	3,06
CeO ₂	7,31	5,29	6,00	6,15	5,37	5,31	5,95	6,01	6,15
PrO ₂	0,75	0,52	0,64	0,60	0,62	0,50	0,83	0,77	0,75
Nd ₂ O ₃	2,92	1,96	3,96	2,69	2,95	2,55	2,15	3,18	1,43
Sm ₂ O ₃	0,59	0,66	0,80	0,57	0,47	0,27	0,41	0,50	n.d.
Eu ₂ O ₃	0,11	0,12	0,15	0,10	0,11	0,11	0,34	0,22	0,21
Gd ₂ O ₃	0,36	0,20	0,99	0,73	0,41	0,49	0,38	0,47	0,41
Tb ₂ O ₃	0,082	0,077	0,10	0,057	0,059	0,078	0,022	0,075	0,11
Dy ₂ O ₃	0,38	0,31	0,69	0,32	0,46	0,48	0,97	0,68	0,51
Ho ₂ O ₃	0,091	0,063	0,097	0,075	0,093	0,093	0,081	0,15	0,053
Er ₂ O ₃	0,22	0,22	0,50	0,12	0,31	0,13	0,36	0,37	0,19
Tm ₂ O ₃	0,033	0,024	0,044	0,045	0,042	0,043	0,061	0,049	0,10
Yb ₂ O ₃	0,24	0,14	0,41	0,38	0,35	0,20	0,31	0,33	0,91
Lu ₂ O ₃	0,04	0,04	0,05	0,06	0,04	0,06	n.d.	0,04	0,13
HfO ₂	0,40	0,48	0,74	0,42	0,51	0,25	0,58	0,57	0,30
Ta ₂ O ₃	0,14	0,087	0,12	0,077	0,14	0,11	0,094	0,12	0,16
Au	0,18	n.d.	0,27	0,71	0,85	0,56	0,69	0,73	0,59
PbO	15,5	n.d.	59,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bi	3,56	3,16	1,14	3,82	3,83	3,36	3,70	3,27	3,04
ThO ₂	1,09	0,93	1,30	1,10	1,02	1,07	0,91	1,07	1,02
UO ₂	0,31	0,22	0,18	0,19	0,25	0,21	0,27	0,25	0,26

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-potassique magnésien (m160, m 294 A et B, m 339 40)

Perles annulaires bleu turquoise en verre sodo-calcique (m 271 et m339 15)

Perles à nodosités, verre blanc (m57 et m79)

Oxyde %	m 160	m 294 A	m 294 B	m 339 40	m 271	m 339 15	m 57 ocelle blanc	m 79 ocelle blanc
Na ₂ O	8,82%	9,70%	9,09%	8,37%	15,2%	13,6%	0,36%	1,05%
MgO	2,09%	2,01%	2,09%	2,19%	1,76%	1,99%	0,78%	0,71%
Al ₂ O ₃	0,76%	0,68%	0,73%	0,81%	1,45%	1,91%	2,19%	2,15%
SiO ₂	67,5%	65,4%	66,6%	67,1%	63,7%	62,9%	91,0%	89,1%
P ₂ O ₅	0,23%	0,23%	0,24%	0,13%	0,37%	0,30%	0,30%	0,13%
Cl	0,62%	0,59%	0,60%	0,60%	1,13%	1,08%	0,061%	0,17%
K ₂ O	10,6%	12,0%	11,1%	10,1%	3,15%	2,83%	1,00%	1,81%
CaO	3,97%	3,58%	3,81%	5,67%	6,02%	9,48%	2,07%	2,85%
Fe ₂ O ₃	0,41%	0,39%	0,39%	0,28%	1,06%	0,89%	1,19%	1,07%
CuO	4,29%	4,67%	4,64%	3,85%	5,33%	4,25%	0,80%	0,84%
SnO ₂	0,38%	0,38%	0,37%	0,55%	0,48%	0,49%	0,048%	0,0060%
Oxyde ppm								
Li ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	42,3	n.d.	50,8	18,6	26,6
B ₂ O ₃	146	156	159	142	315	286	87,9	85,0
TiO ₂	545	485	493	472	736	719	950	741
V ₂ O ₅	11,1	11,5	11,1	7,50	33,0	23,2	24,6	17,5
Cr ₂ O ₃	10,5	9,95	9,93	6,63	23,9	14,9	8,27	14,1
MnO	980	985	981	1 177	501	464	182	175
CoO	32,7	34,9	34,1	19,3	55,2	35,6	0,40	2,03
NiO	34,8	37,9	36,7	25,9	67,5	48,3	20,7	23,2
ZnO	130	148	140	89,9	128	72,3	88,3	85,9
As ₂ O ₃	72,2	73,5	75,6	46,6	139	91,5	18,1	11,7
Rb ₂ O	180	195	181	114	18,2	10,5	104	93,4
SrO	320	278	300	273	301	322	192	166
Y ₂ O ₃	3,30	2,48	2,76	2,51	4,55	4,42	5,52	5,53
ZrO ₂	34,9	26,9	30,9	32,5	26,3	31,1	26,4	26,6
Nb ₂ O ₃	1,42	1,21	1,29	0,98	1,23	1,08	2,21	1,85
Ag	26,9	55,0	28,7	14,9	21,0	12,3	n.d.	1,19
Sb ₂ O ₃	387	404	412	217	609	343	10,2	0,97
Cs ₂ O	0,48	0,55	0,53	n.d.	0,18	n.d.	n.d.	n.d.
BaO	53,7	47,0	50,0	49,9	59,4	61,6	61,3	69,9
La ₂ O ₃	3,30	2,42	2,63	2,64	2,96	2,63	4,85	4,33
CeO ₂	6,16	4,87	4,90	4,45	4,72	4,00	12,2	9,89
PrO ₂	0,73	0,55	0,61	0,51	0,68	0,57	1,27	0,83
Nd ₂ O ₃	2,86	2,38	2,32	2,71	3,01	3,13	3,60	4,22
Sm ₂ O ₃	0,46	0,59	0,56	0,47	0,75	0,65	n.d.	1,37
Eu ₂ O ₃	0,10	0,094	0,084	0,11	0,18	0,18	0,20	0,36
Gd ₂ O ₃	0,29	0,34	0,44	0,54	0,58	0,64	0,39	1,15
Tb ₂ O ₃	0,085	0,064	0,069	0,076	0,093	0,11	0,038	0,14
Dy ₂ O ₃	0,50	0,38	0,48	0,50	0,68	0,80	0,17	0,39
Ho ₂ O ₃	0,11	0,078	0,093	0,086	0,13	0,14	0,17	0,077
Er ₂ O ₃	0,31	0,21	0,23	0,29	0,39	0,48	0,55	0,69
Tm ₂ O ₃	0,037	0,033	0,044	0,030	0,054	0,078	0,034	n.d.
Yb ₂ O ₃	0,27	0,24	0,27	0,25	0,46	0,46	0,64	0,26
Lu ₂ O ₃	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06	0,07	0,03
HfO ₂	0,86	0,63	0,70	0,85	0,58	0,72	1,07	0,70
Ta ₂ O ₃	0,11	0,075	0,080	0,082	0,061	0,074	0,23	0,087
Au	1,70	1,69	1,75	1,23	2,21	0,84	0,021	n.d.
PbO	400	386	370	248	261	160	19,4	n.d.
Bi	9,99	9,60	9,92	4,14	3,30	1,68	0,57	0,43
ThO ₂	1,10	0,76	0,86	0,89	0,78	0,74	1,33	1,77
UO ₂	0,31	0,31	0,31	0,19	0,63	0,40	0,52	0,25

Perles annulaires de Mathay : dimensions (millimètres) et poids (milligrammes) des perles annulaires des lots 321 et 339

référence	Diamètre extérieur	Diamètre interne	Epaisseur min.	Epaisseur max.	poids	référence	Diamètre extérieur	Diamètre interne	Epaisseur min.	Epaisseur max.	poids
m 339 1	6	3,5	1,5	2	63	m 321 1	5	3	2,5	3	51,5
m 339 2	4	2,5	1		17	m 321 2	4,5	2,5	1,5	2,5	52,9
m 339 3	4	2,5	1	1,5	26,6	m 321 3	5	2,5	2		59,7
m 339 4	3,5	2,5	1		16,3	m 321 4	5,5	3	2	2,5	76,5
m 339 5	3,5	2,5	1,5		24,1	m 321 5	5,5	2,5	3		87,5
m 339 6	4,5	3	1		26,6	m 321 6	5,5	3,5	2		61,2
m 339 7	3	1,5	1,5		19,9	m 321 7	4	2	1,5		35,1
m 339 8	3,5	2	1,5	2	23,8	m 321 8	4	2	1,5		36,4
m 339 9	4	2,5	1,5		28,7	m 321 9	4,5	3	1		23,4
m 339 10	5	2,5	1,5	2	42,3	m 321 10	4,5	2,5	1,5	2	35,3
m 339 11	3,5	2	1	2	21,6	m 321 11	4,5	2	2		50
m 339 12	4	2,5	1		23,7	m 321 12	3,5	1,5	1	1,5	21,1
m 339 13	4,5	2,5	1,5		32	m 321 13	4	2,5	1	2	28
m 339 14	4	2,5	1,5		24,9	m 321 14	4	2,5	1		22,5
m 339 15	3,5	1,5	1,5	2	25,2	m 321 15	4	2,5	1,5	2	38,1
m 339 16	4	2,5	1,5		26	m 321 16	3,5	2,5	1		24,4
m 339 17	4,5	3	1,5		33,4	m 321 17	4	2,5	1		22,7
m 339 18	4,5	3	1,5		39,1	m 321 18	5,5	3,5	1,5		51,5
m 339 19	4,5	2,5	1,5		43	m 321 19	3,5	2	1	2	28,1
m 339 20	4,5	2,5	1,5	2	41,9	m 321 20	4	3	1		19,1
m 339 21	4,5	2	2,5		52,4	m 321 21	4	2,5	1		21,4
m 339 22	4,5	2,5	1,5	2	35,7	m 321 22	4,5	3	1		25,1
m 339 23	4	2,5	1		28	m 321 23	4	2,5	1,5	2	26,4
m 339 24	4,5	2,5	1	1,5	32,8	m 321 24	4	2,5	1,5	2	27,2
m 339 25	4	2	1,5	2	29,7	m 321 25	4	2	1	1,5	26,5
m 339 26	4	2,5	1,5	2	26,9	m 321 26	4,5	3	1		25,9
m 339 27	4	2	1,5		35,6	m 321 27	4,5	3	1	1,5	31,9
m 339 28	4,5	2,5	1	1,5	36,2	m 321 28	4	2,5	1,5		27,5
m 339 29	4	2,5	1	1,5	31,8	m 321 29	4	2,5	1,5		20
m 339 30	5,5	3,5	1,5	2	54,6	m 321 30	4	3	1		18,7
m 339 31	5,5	3	1	1,5	53,6	m 321 31	4	3	1		22,5
m 339 32	6	3,5	1,5	2	83,1	m 321 32	6	3,5	1,5	2	79
m 339 33	4	2,5	1,5	2	47	m 321 33	4,5	2,5	1,5	2	35,3
m 339 34	3,5	2,5	2		22,9	m 321 34	5	3	1,5	2	35,7
m 339 35	4	2,5	1		17,4	m 321 35	4,5	3	1	1,5	24,4
m 339 36	4	2,5	1	1,5	27,6	m 321 36	4	2,5	1		15,9
m 339 37	4	2,5	1		18	m 321 37	3,5	2	1		20
m 339 38	4	3	1		16,3	m 321 38	3,5	2	1		13,8
m 339 39	3,5	2,5	1		16,8	m 321 39	4	2	1	1,5	33,6
m 339 40	3	2	1		13,4	m 321 40	3,5	2	1,5		18,2
m 339 41	3,5	2,5	1	1,5	16,7	m 321 41	4	3	1		19,3
m 339 42	3	2	1	1,5	13,7	m 321 42	4	3	1		22,8
m 339 43	3	2	1,5		12,9	m 321 43	4	2,5	1		19,9
m 339 44	3,5	2,5	1		12,9	m 321 44	3	1,5	2		18,3
m 339 45	3,5	2,5	1		7,8	m 321 45	2,5	1,5	1		8,1
m 339 46	4	2,5	1		13,2	m 321 46	3,5	2	1		15,7
m 339 47	3	1,5	1		11,2	m 321 47	3,5	2	1		14
						m 321 48	3,5	2	1		13,2
						m 321 49	4	2,5	1		12,8
						m 321 50	4	2,5	1		13,9
moyenne	4,1 mm	2,5 mm	1,3 mm	1,8 mm	29,1 mg		4,2 mm	2,5 mm	1,3 mm	2,0 mm	30,6 mg

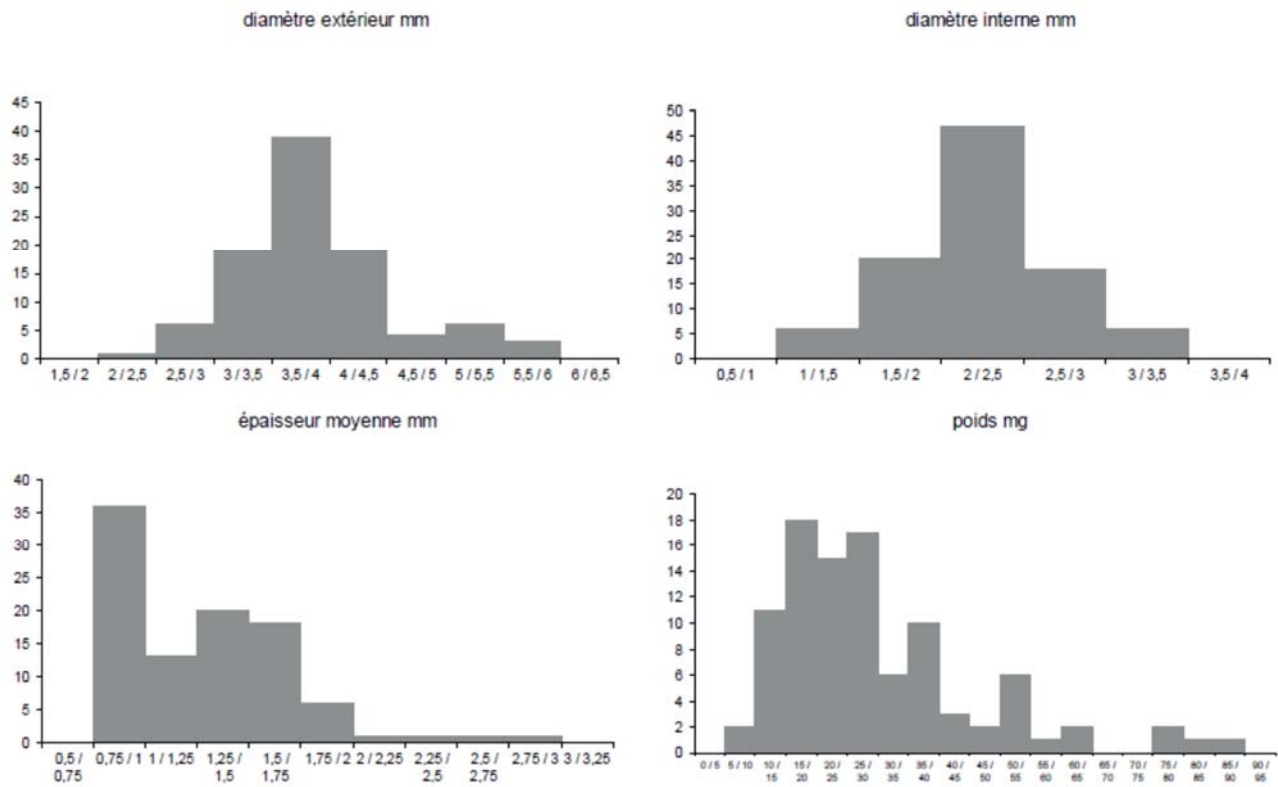
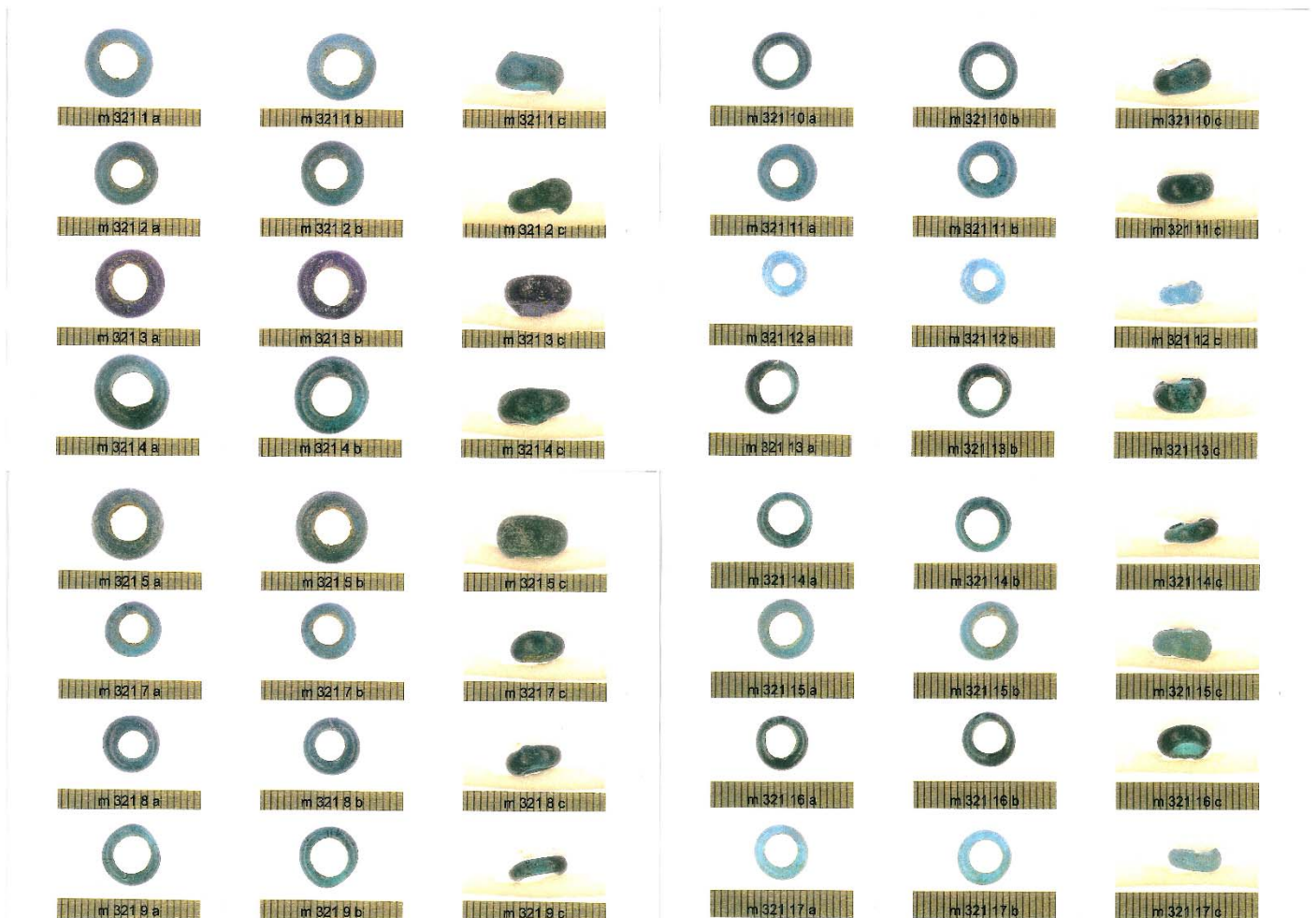
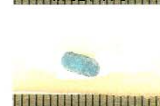
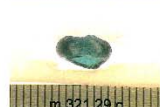
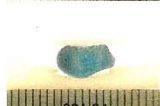
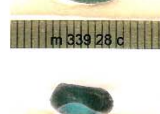
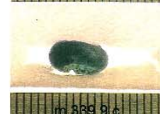
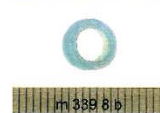
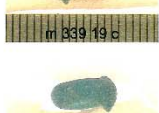
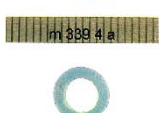


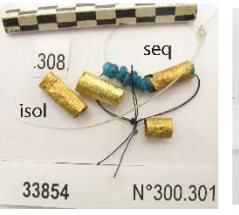
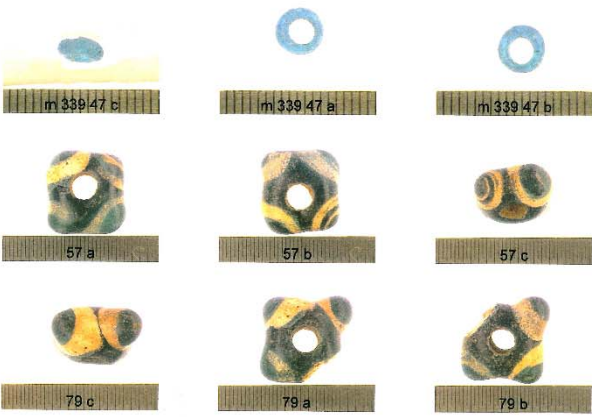
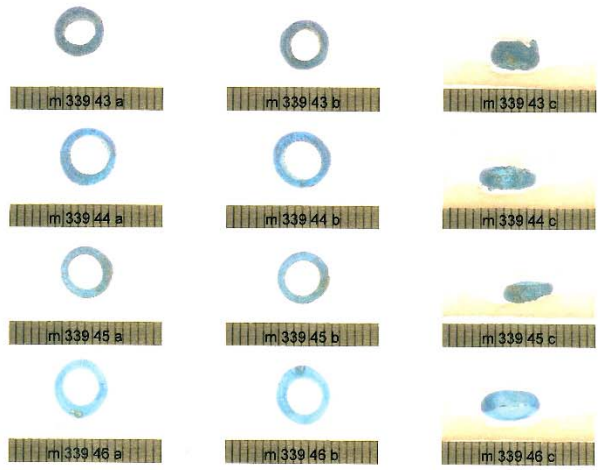
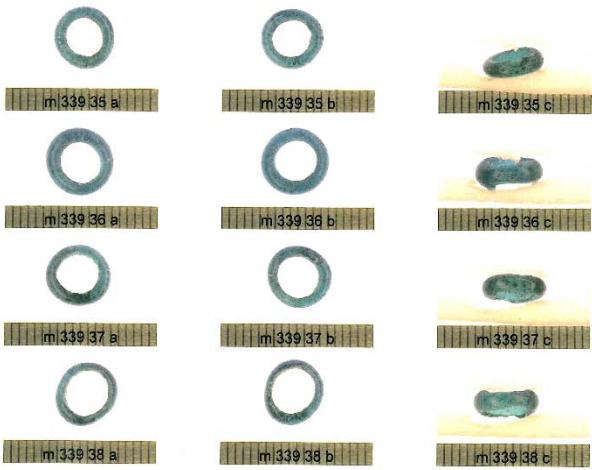
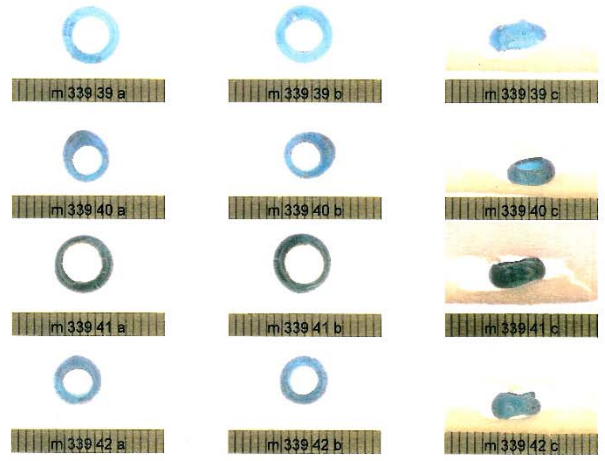
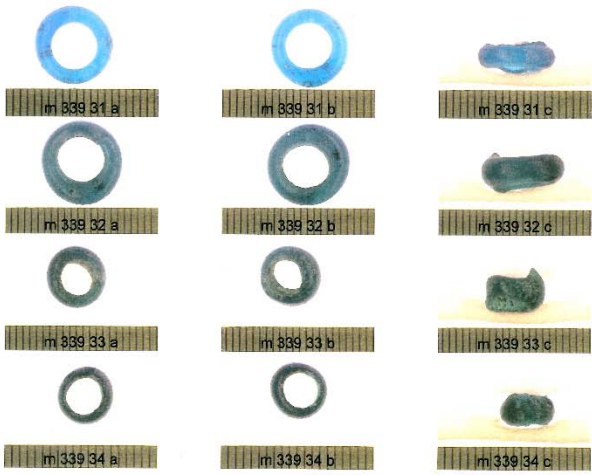
Figure 1 : Distribution des perles annulaires des lots 321 et 339 en fonction de leurs diamètres internes et externes, de leurs épaisseurs et de leurs poids.

Photographies des perles des lots 321 et 339, des perles à nodosités 57 et 79 et des objets en or étudiés.









Annexe 3 : Analyse des objets en or p. 257-260 de l'ouvrage

Les objets en or

Dix-sept objets en or du dépôt de Mathay ont été analysés par spectrométrie de masse à plasma avec prélèvement par ablation laser. Parmi ceux-ci figurent les deux plaques (155 et 297), deux sphères (116 et 117) et treize perles annulaires (provenant des lots 265, 287, 307, 308, 328 et 331).

Les objets étudiés sont constitués d'un alliage ternaire or-argent-cuivre contenant de 78 à 89 % d'or, 9 à 18 % d'argent et 2 à 6 % de cuivre (fig. 2). Les teneurs mesurées pour le cuivre, nettement supérieures à celles de l'or natif ($\text{Cu} < 1\%$, Chapman *et al.* 2006), sont caractéristiques d'un ajout délibéré de cuivre dans l'alliage, dans le but de le durcir.

Les teneurs en argent sont par contre compatibles avec celles de l'or natif, qui peut renfermer jusqu'à 40% d'argent en fonction des gisements (Chapman *et al.* 2002 et 2006), comme l'attestent les teneurs en plomb inférieures à 0,01%. Les ors de Mathay semblent donc correspondre à des ors natifs contenant des proportions variables d'argent, et auxquels on a rajouté du cuivre (fig. 2).

La principale impureté rencontrée est l'étain (entre 0,10 et 0,19 %). Les teneurs des autres éléments sont toutes inférieures à 0,02 %.

D'après leurs compositions, tant pour les éléments majeurs que pour les éléments mineurs et traces, les objets étudiés se répartissent en trois groupes de composition (figs. 3 et 4). Ces groupes se distinguent principalement par leurs teneurs moyennes respectives en argent (9,4, 14 et 17,5 %), cuivre (2,3, 3,7 et 4,7 %), platine (7, 12 et 19 ppm), palladium (1,2, 1,9 et 1,6 ppm) et bismuth (1,3, 2,6 et 23 ppm). Les autres éléments n'apportent pas d'information exploitable.

Les deux premiers groupes sont très proches et sont probablement fabriqués avec des ors de sources proches voire identiques (figs. 3 et 4). Le troisième groupe, formé par deux perles qui présentent une typologie particulière, a des caractéristiques géochimiques assez différentes (rapport Pd/Pt différent et fortes teneurs en bismuth) et ne peut s'apparenter aux deux autres (fig. 4). On observe donc nettement l'emploi d'au moins deux types principaux de minerais d'or. Cette distinction se retrouve sur d'autres objets en or de l'Age du Bronze (Armbruster *et al.* 2011) : d'après les données dont on dispose actuellement, on observe la prédominance de l'un ou de l'autre type, suivant les lieux de découverte (ouest ou est de la France).

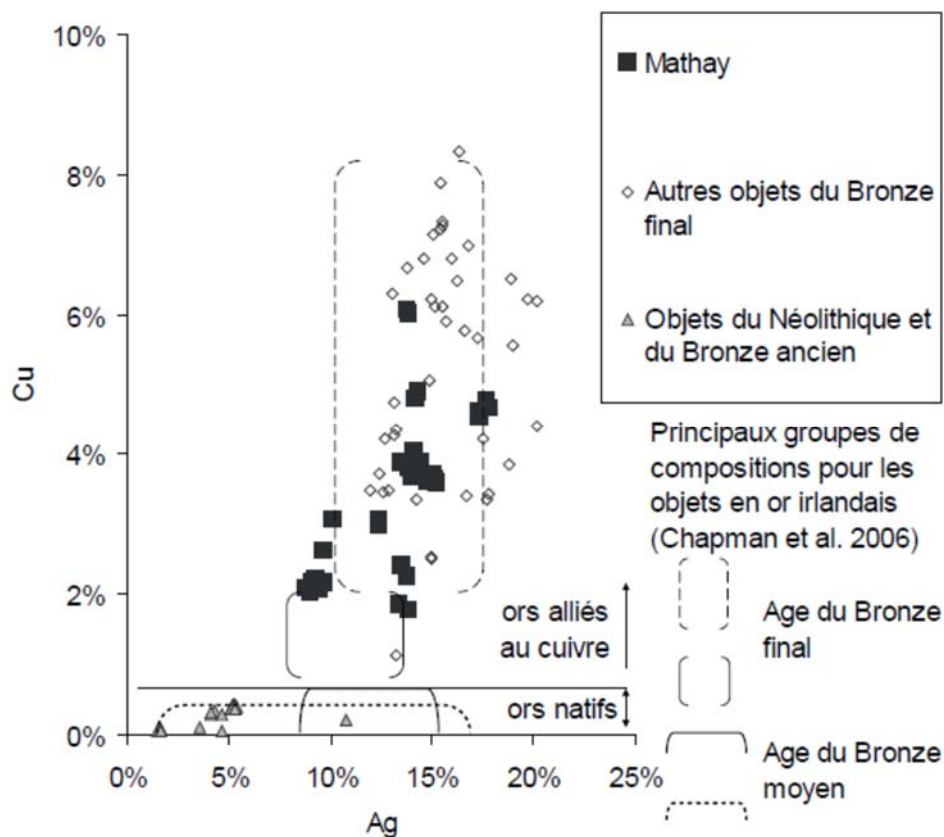


Figure 2 : teneurs en argent et en cuivre des objets en or de Mathay, comparaison avec les compositions des ors natifs et alliés avec du cuivre de l'Age du Bronze et du néolithique (tous les points d'analyse sont représentés).

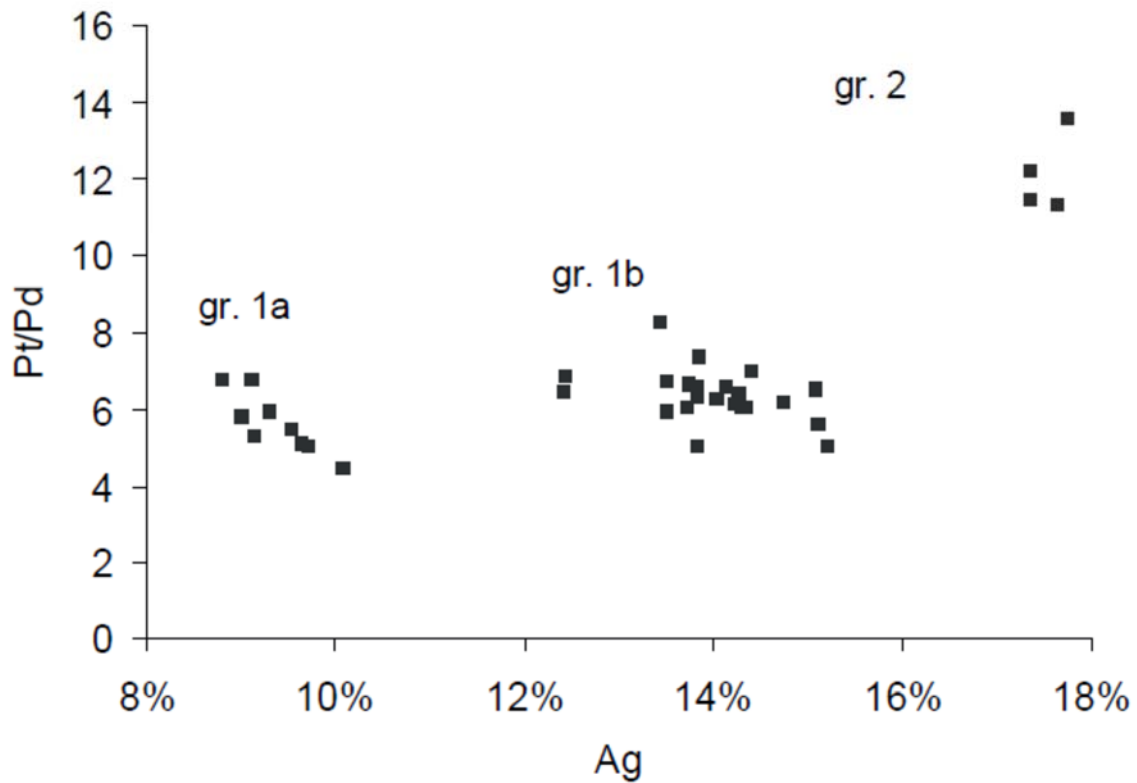


Figure 3 : teneurs en argent en fonction des rapport platine/palladium des objets en or de Mathay (tous les points d'analyse sont représentés).

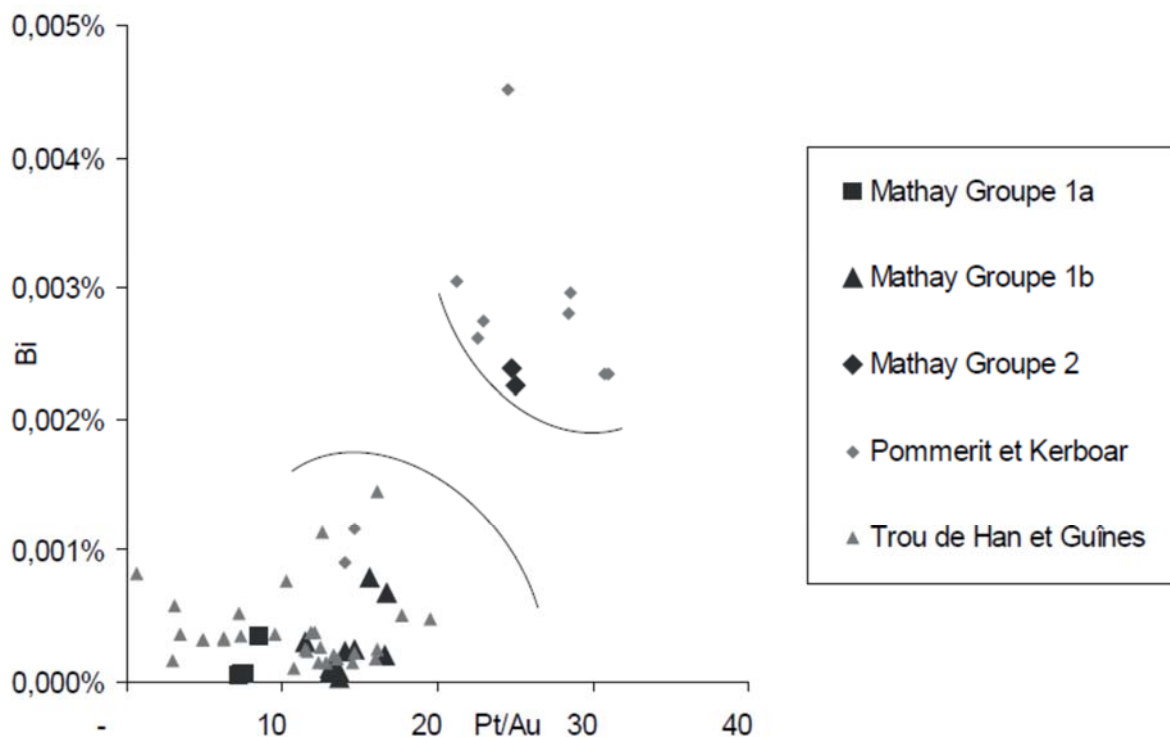


Figure 4 : rapports platine/or en fonction des teneurs en bismuth pour les objets en or de Mathay (seules les compositions moyennes sont représentées), Comparaison avec des objets en or provenant des zones Atlantique (Pommerit et Kerboar) et RFSO (Rhin-Suisse-France orientale, Trou de Han et Guïnes)

Composition des objets en or de Mathay. Teneurs des principaux métaux (Au à Sn) en % massique, teneurs des autres métaux (Zn à Ir) en parties par million (ppm, 1 ppm = 0,0001 %).

	Au	Ag	Cu	Sn	Zn	Sb	Pb	Pt	Pd	Bi	As	Ir
Mathay Groupe 1a												
307a	88,4%	9,31%	2,23%	0,16%	65,9	38,2	20,3	7,26	1,23	0,50	0,21	0,20
307a	87,6%	9,71%	2,61%	0,18%	52,3	48,0	14,7	5,87	1,17	0,36	0,93	0,16
307a	88,0%	9,66%	2,16%	0,18%	65,6	47,5	16,6	6,02	1,18	0,57	0,78	0,16
307b	88,6%	9,14%	2,17%	0,15%	46,4	40,5	20,2	6,52	0,97	0,55	0,88	0,17
307b	88,6%	9,15%	2,14%	0,14%	44,0	37,6	18,1	6,98	1,33	0,47	1,97	0,20
331a	88,8%	9,02%	2,02%	0,15%	43,4	40,4	15,4	6,99	1,21	0,58	0,86	0,16
331a	88,9%	8,82%	2,08%	0,15%	39,4	56,9	14,1	6,15	0,91	0,63	1,55	0,22
m297	86,4%	10,1%	3,06%	0,22%	300	32,4	103	7,02	1,58	4,51	5,77	0,15
m297	88,2%	9,53%	2,05%	0,17%	82,8	24,4	77,6	7,87	1,45	2,40	2,52	0,18
Mathay Groupe 1b												
307c	80,1%	13,8%	6,03%	0,093%	14,5	13,5	39,1	11,6	1,84	1,76	0,27	0,16
307c	80,2%	13,8%	6,06%	0,13%	15,8	20,3	39,3	10,9	1,65	2,85	0,88	0,17
307d	80,7%	14,4%	4,90%	0,14%	26,7	25,3	28,5	11,4	1,89	2,39	0,71	0,17
307d	80,9%	14,2%	4,81%	0,15%	26,1	26,8	33,9	12,2	2,01	2,60	0,50	0,15
308 seq	81,5%	14,8%	3,61%	0,18%	31,9	28,5	21,5	13,7	2,21	1,90	0,79	0,19
308 seq	81,0%	15,1%	3,70%	0,20%	34,9	27,6	20,9	13,3	2,05	2,04	1,17	0,19
265b	81,6%	14,4%	3,88%	0,13%	13,3	26,2	3,7	11,1	1,60	0,23	0,79	0,16
265b	82,2%	13,8%	3,82%	0,14%	20,4	27,9	4,3	11,3	1,73	0,28	0,40	0,18
287 seq	82,4%	13,5%	3,87%	0,19%	32,6	43,2	28,7	10,7	1,60	1,78	3,07	0,17
287 seq	82,2%	13,9%	3,79%	0,18%	27,3	40,1	27,0	11,0	1,49	0,59	1,01	0,18
331b	84,3%	12,4%	3,07%	0,15%	37,5	26,3	99,8	9,67	1,42	3,27	0,43	0,19
331b	84,4%	12,4%	2,99%	0,14%	38,1	24,3	89,3	9,60	1,49	2,91	0,58	0,15
287 isol	82,0%	14,0%	3,66%	0,12%	27,8	30,6	22,9	11,0	1,76	0,69	3,04	0,13
287 isol	81,8%	14,3%	3,80%	0,14%	31,4	33,9	18,5	10,3	1,62	0,70	1,03	0,19
265 perf	81,5%	14,2%	4,03%	0,12%	38,3	25,9	47,3	10,9	1,66	0,87	22,07	0,17
265 perf	81,8%	14,3%	3,74%	0,11%	21,5	25,5	30,7	11,3	1,88	0,69	6,70	0,23
m116	83,6%	13,5%	2,39%	0,12%	69,4	26,9	84,6	14,9	2,54	6,49	26,78	0,29
m116	84,1%	13,9%	1,77%	0,08%	56,4	20,9	65,1	13,1	2,61	6,94	3,81	0,31
m117	83,8%	13,7%	2,24%	0,12%	129,7	29,9	64,9	12,7	2,11	6,43	2,69	0,34
m117	84,5%	13,4%	1,84%	0,09%	56,9	21,9	59,1	13,7	1,66	9,37	2,54	0,33
m155	80,3%	15,2%	3,58%	0,15%	168,2	18,6	92,3	9,70	1,94	1,00	17,60	0,18
m155	80,9%	15,1%	3,64%	0,16%	154,8	20,3	55,6	11,4	2,03	0,98	8,21	0,18
Mathay Groupe 2												
308 isol	77,9%	17,4%	4,55%	0,17%	92,4	49,7	82,8	19,4	1,59	22,8	1,68	0,17
308 isol	77,3%	17,7%	4,78%	0,21%	84,5	60,7	90,1	19,1	1,68	24,8	1,31	0,18
328b	77,8%	17,4%	4,62%	0,19%	36,1	49,6	74,0	19,3	1,69	22,8	3,98	0,16
328b	77,4%	17,8%	4,67%	0,17%	30,7	48,9	71,8	19,5	1,44	22,6	1,78	0,17

Armbruster B., Blet-Lemarquand M., Fily M., Gratuze B., Menez Y., 2011, L'ensemble de bracelets en or de Pommerit-Le-Vicomte : une découverte récente dans les Côtes-d'Armor en Bretagne, Bulletin de l'Association pour la Promotion des Recherches sur l'Age du Bronze (APRAB), 8, p.51-55.

Chapman R.J., Leake R.C., Styles M., 2002, Microchemical Characterisation of Gold as an Exploration Tool, *Gold Bulletin*, 35, 53-65.

Chapman R.J., Leake R.C., Warner R.A., Cahill M.C., Moles N.R. Shell C.A., Taylor J.J., 2006, Microchemical characterisation of natural gold and artefact gold as a tool for provenancing prehistoric gold artefacts: A case study in Ireland, *Appl Geochem*, 21, 904-918.