

# Annexe 2 : liste commentée des composants chimiques du verre romain

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Cahiers d'archéologie romande**

Band (Jahr): **87 (2001)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



## Annexe 2: Liste commentée des composants chimiques du verre romain<sup>379</sup>

Les différents composants du verre identifiés lors d'analyses chimiques peuvent être divisés en trois groupes, selon leur importance:

- 1) les éléments majeurs
- 2) les éléments mineurs
- 3) les éléments traces

Le verre est composé de silice, d'un ou de plusieurs fondants et d'un stabilisateur. Certains éléments sont introduits volontairement, comme les oxydes colorants, d'autres accidentellement par les impuretés présentes dans les matières premières. Il n'est pas toujours facile de distinguer entre les deux possibilités.

Actuellement, il est possible d'identifier environ une vingtaine d'éléments chimiques.

Afin de faciliter la lecture des nombreux travaux scientifiques spécifiques à la chimie du verre, une entreprise parfois difficile pour un archéologue, nous avons essayé de rassembler pour chaque élément chimique quelques informations essentielles comme sa fonction, sa présence (en pourcentage) dans le verre de l'atelier<sup>380</sup> et si possible des sources d'auteurs antiques<sup>381</sup> et d'y ajouter quelques renseignements relatifs aux époques postérieures.

### Les éléments majeurs

Les éléments suivants sont considérés comme des éléments majeurs: Si (silice), Al (aluminium), Mg (magnésium), Ca (calcium), Na (sodium) et K (potassium).

#### La Silice (Si)

##### Fonction:

L'oxyde de silice (SiO<sub>2</sub>) est le composant principal du verre.

##### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

60-70%.

##### Matière première:

Sable (lat. *barena*, *sabulum*), quartz, cristal de roche (lat. *crystallus*), grès, cailloux (lat. *calculi*), lave.

Principales sources littéraires de l'époque romaine:

Pline, *Nat. Hist.* XXXVI, 3 et 190-194 et V, 75; Tacite, *Hist.* V, 7.2; Flavius Josèphe, *Bell. Jud.* II, 189-191; Strabon, *Geogr.* VII, 16.25; Dion Cassius, LVII, 21.7; Isidore, *Orig. (Etymologiarum sive originum)* XVI, 16.6.

##### Epoques postérieures:

Sable:

12<sup>e</sup> s.: Theophile, *Diversarum artium schedulae*, II, 4.

Pour les différentes carrières exploitées en France pendant le Moyen Age: Foy/Sennequier (éd.) 1989, p. 33-34. Egalement Foy 1988, p. 30-31.

Galets/cailloux de quartz:

Les cailloux du Ticino (*cuogoli bianchi da Texin et cuogli neri*) ont été utilisés au 15<sup>e</sup> s. par un atelier de Murano (inventaire de 1478): Foy/Sennequier (éd.) 1989, p. 34.

Atelier de la Seube (Lambert 1982-1983): présence de petits galets de quartz.

#### L'aluminium (Al)

##### Fonction:

Pas connue.

##### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 2-4%.

##### Matière première:

Élément présent dans la plupart des sables riches en quartz. A l'époque romaine, l'aluminium n'a donc pas été ajouté intentionnellement à la masse vitreuse.

La présence de l'élément Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dans la composition des verres de l'atelier d'Avenches est due à l'utilisation d'un sable contenant du feldspath (sable riche en silice: 85% quartz et 15% feldspath comme p.ex. le Sanidin et l'Ortoklas).

#### Le magnésium (Mg)

##### Fonction:

Peut influencer la coloration du verre (vert foncé).

##### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 0.25-1.7%.

##### Matière première:

Les oxydes de magnésium sont présents dans des pierres calcaires qui contiennent du dolomite par exemple, ou dans la chaux. A l'époque romaine le magnésium n'a pas été ajouté intentionnellement.

#### Le calcium (Ca)

##### Fonction:

Les oxydes de calcium (CaO) fonctionnent comme stabilisateur. Ils rendent le verre insoluble.

##### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 6-8.5%.

##### Matière première:

Pierre calcaire, chaux, coquillages (lat. *conchae*). Inclus dans le sable. Il est difficile de savoir si la chaux était toujours ajoutée volontairement à l'époque romaine.

Principales sources littéraires de l'époque romaine:

Pline, *Nat. Hist.* XXXVI, 192: l'auteur parle des sables fossiles (lat. *fossiles barenae*) et des coquillages (lat. *concha*) qu'il fallait ajouter au mélange vitrifiable. Isidore, *Orig. (Etymologiarum sive originum)* XVI, 16.6.

##### Epoques postérieures:

Au Moyen Age le calcium, respectivement la chaux, n'est pas mentionné dans les différentes recettes de fabrication du verre. La substance était probablement introduite à la masse vitreuse par les cendres de végétaux et le sable (Foy 1988, p. 40-41).

#### Le sodium (Na)

##### Fonction:

L'oxyde de sodium (Na<sub>2</sub>O) est un fondant. Les verres romains appartiennent tous au verre sodique.

##### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 15%. La désintégration du verre élimine une grande partie du sodium, ce qui fausse évidemment les résultats des analyses non-destructives effectuées à la surface du verre.

##### Matière première:

Dépôts des lacs salés d'Asie Mineure et d'Egypte: soude minérale.

Plantes halophytes, comme p. ex. la salicorne: soude végétale.

##### Principales sources littéraires de l'époque romaine:

Pline, *Nat. Hist.* XXXI, 106-111: mentionne l'exploitation des dépôts des lacs salés d'Egypte et d'Asie mineure pour la fabrication du verre.



Pline, *Nat. Hist.* XXVI, 42 et XXVII, 41: vertu médicale des plantes herbacées des marais du littoral méditerranéen (Rebourg 1990, p. 23).

#### Epoques postérieures:

La recherche, notamment dans le domaine du verre du Moyen Age, connaît actuellement un vif débat concernant l'utilisation des différents fondants (soude ou potasse) qui diffèrent apparemment d'une région à l'autre et d'une époque à l'autre. Foy 1988, p. 31-38; Baumgartner/Krueger 1988, p. 19-20 et Foy/Sennequier (éd.) 1989, p. 35-38.

La soude importée de l'Orient s'appelait au Moyen Age *la roquette*.

Aujourd'hui la soude est fabriquée industriellement (synthétique).

### Le potassium (K)

#### Fonction:

L'oxyde de potassium ( $K_2O$ ) est un fondant.

Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 0.5-1.5%. A l'époque romaine, le potassium ne semble pas avoir été utilisé comme fondant. Il n'a donc pas été ajouté intentionnellement.

#### Matière première:

Au Moyen Age: plantes forestières (fougères, lierre, chêne, hêtre, pin etc.).

#### Principales sources littéraires de l'époque romaine:

Pline, *Nat. Hist.* XXXI, 107-111 et Diosc. 5, 113.

#### Epoques postérieures:

Les verres potassiques apparaissent dès le Haut Moyen Age. Pendant la période allant du 12<sup>e</sup> s. au 16<sup>e</sup> s. utilisation quasi exclusive de la potasse. Dès le 16<sup>e</sup> s. réapparaissent les verres sodiques.

12<sup>e</sup> s.: Theophile, *Diversarum artium schedulae*, II,4: 2 tiers de cendres de hêtre ou de fougères et un tiers de sable.

12<sup>e</sup> s.: Eraclius *De coloribus et artibus romanorum: idem op. cit.*

1561: Agricola, *De re metallica*. Cite comme source le lierre, le chêne, le hêtre ou le pin.

1718: Haudiquier de Blancourt, *L'art de la verrerie*. Nombreuses plantes dont la fougère. Explique le procédé pour l'extraction du sel.

### Les éléments mineurs

Les éléments mineurs peuvent avoir une fonction précise (p. ex. coloration du verre) et avoir été ajoutés intentionnellement. Dans la plupart des cas, ils sont cependant dus aux impuretés présentes dans les matières premières comme p. ex. le sable. Ils apparaissent en général avec une concentration de 0.1-3% par rapport à la totalité de la masse vitreuse. Les éléments suivants sont considérés comme des éléments mineurs: P (phosphore), S (soufre), Cl (chlore), Fe (fer), Mn (manganèse).

### Le phosphore (P)

#### Fonction:

Pas connue.

#### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 0-0.6%.

#### Matière première:

La présence du  $P_2O_5$  est due aux impuretés de la matière première (apatite p. ex.).

### Le soufre (S)

#### Fonction:

Pas connue.

#### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 0.1-0.4%.

#### Matière première:

Provient souvent des sulfites métalliques présents dans les verres colorés.

### Le chlore (Cl)

#### Fonction:

Le NaCl permet d'abaisser le point de fusion de 100-200<sup>0</sup>C et de mieux homogénéiser la masse vitreuse (les gaz se volatilisent plus facilement). S'il y a trop de NaCl, une mousse peut se former à la surface du verre en fusion.

#### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 0.3-0.7 %.

#### Matière première:

Sel de cuisine.

Principales sources littéraires de l'époque romaine:

Pline, *Nat. Hist.* XXXI: parle de l'extraction du sel.

#### Epoques postérieures:

Certains verres du Moyen Age ne contiennent pas de NaCl. En Russie le NaCl était utilisé jusqu'au 19<sup>e</sup> s.

### Le fer (Fe)

#### Fonction:

Les oxydes de fer présents dans la matière première (surtout dans le sable) confèrent au verre une teinte bleu-vert (coloration non intentionnelle).

En combinaison avec d'autres substances (p. ex. les oxydes de cuivre ou de manganèse) on obtient une coloration intentionnelle du verre.

#### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

Env. 0.4-1%: impuretés. Env. 1.4-1.8%: colorant.

#### Matière première:

Impuretés dans le sable.

Poudre de bronze p. ex.

#### Epoques postérieures:

Procédés de coloration dans un atelier du 20<sup>e</sup> s. au Caire: vert foncé avec 70% d'oxydes de fer et 30% d'oxydes de cuivre, vert jaunâtre avec 90% d'oxydes de fer et 10% d'oxydes de cuivre, verre jaune avec uniquement les oxydes de fer. Henein/Gout 1974, p. 22-23.

### Le manganèse (Mn)

#### Fonction:

Coloration et décoloration du verre.

Analyses des verres d'Avenches: en combinaison avec les oxydes de fer. Une teneur basse en manganèse: verre de couleur jaune/jaune-orange; teneur élevée en manganèse: verre de couleur lie de vin.

#### Pourcentage dans le verre de l'atelier:

normal: env. 0.4%-0.5%; teneur basse: env. 0.1%; teneur élevée: env. 2%.

#### Matière première:

Dans la plupart des cas présent dans les éléments Ca et Sr.

#### Epoques postérieures:

Atelier de la Seube (première moitié XIV<sup>e</sup> s.): Lambert 1982-1983 p. 217, 226, 235 et 238; Foy/Sennequier (éd.), p. 43 et Foy 1988, p. 41. L'atelier de la Seube a livré des blocs de minerai d'oxyde de manganèse très probablement utilisés pour la coloration des perles violettes.

### Les éléments traces

Les éléments traces peuvent avoir une fonction précise (p. ex. coloration du verre), mais ils sont essentiellement dus aux impuretés et résidus dans le sable. Ils apparaissent en général avec une concentration de 0-0.1%.

Les éléments suivants sont considérés comme des éléments traces: Zn (zinc), Cr (chrome), Co (cobalt), Zr (zirconium), Sr (strontium), Cu (cuivre), Pb (plomb), As (arsenic), Sb (antimoine).



### Le zinc (Zn)

**Fonction:**

Pas connue ou coloration du verre.

Teneur élevée en cuivre: verre vert foncé (verres d'Avenches).

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale.

**Matière première:**

Probablement poudre de bronze, zinc.

### Le chrome (Cr)

**Fonction:**

Pas connue.

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale.

**Matière première:**

Impuretés dans les matières premières. Les verres de Muralto de la première moitié du 1<sup>er</sup> s. présentent apparemment une teneur légèrement plus élevée que la moyenne du verre romain (Gmür Brianza, 1990, p. 61).

### Le cobalt (Co)

**Fonction:**

Pas connue ou coloration du verre en bleu. (La teinte bleue des verres d'Avenches a été obtenue essentiellement avec des oxydes de cuivre, et non avec le cobalt).

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale.

**Matière première:**

Impuretés dans le cuivre.

Oxyde de cobalt.

**Epoques postérieures:**

Le cobalt ne figure pas dans les recettes médiévales. Pour obtenir une coloration bleue on utilisait le safre (en italien *zaffera*) qui est composé de cobalt, de sable et de fer. Foy 1988, p. 41-42.

Voir I. Soulier, B. Gratuze, Barrandon J. N., *The origin of cobalt blue pigments in French glass from the Bronze Age to the eighteenth century*, (International Symposium on Archaeometry), Ankara, 1996, p. 133-140.

Dès la fin du 18<sup>e</sup> s. le cobalt est également utilisé pour la décoloration du verre.

### Le zirconium (Zr)

**Fonction:**

Pas connue.

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale.

**Matière première:**

sable siliceux.

### Le strontium (Sr)

**Fonction:**

Pas connue.

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale.

**Matière première:**

Pierre calcaire

### Le cuivre (Cu, CuO)

**Fonction:**

L'oxyde de cuivre colorie le verre en vert, turquoise et bleu. Souvent utilisé en combinaison avec d'autres oxydes métalliques. Verres d'Avenches: vert foncé (oxydes de cuivre et de zinc), bleu (oxydes de cuivre).

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Env. 0.3-4%: coloration intentionnelle. % inférieurs: impuretés.

**Matière première:**

Cuivre, p. ex. sous forme de poudre de bronze.

### Le plomb (Pb)

**Fonction:**

Pas connue. Certains verres de l'époque romaine, comme le verre rouge opaque (notamment coupelle du type Isings 2) semble contenir du plomb (poids). Hypothèse à vérifier.

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale.

**Matière première:**

Impuretés et/ou contact éventuel avec les outils métalliques.

**Epoques postérieures:**

Atelier de la Seube: coulés et morceaux de plomb argentifères près des fours: Foy/Sennequier 1989 (éd.), p. 43.

Verre du Moyen Age contenant du plomb: Baumgartner/Krueger 1988, p. 161.

### L'antimoine (Sb)

**Fonction:**

Opacifiant, décolorant.

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale: adjonction non intentionnelle. Env. 9-12%: verre opaque, ajouté volontairement.

### L'arsenic (As)

**Fonction:**

Pas connue.

**Pourcentage dans le verre de l'atelier:**

Voir remarque générale.

**Matière première:**

Impuretés dans les matières premières.

**Epoques postérieures:**

Utilisé intentionnellement à partir de l'époque moderne seulement.

<sup>379</sup> Pour un aperçu de l'état actuel de la recherche: Foy/Picon 2000; W. B. Stern, *The composition of Roman glass. Problems of non-destructive analysis*, Annales du 11e congrès de AIHV (Bâle 1988), Amsterdam, 1990, p. 37-42; Bernard Gratuze, *L'apport des analyses de verres archéologiques: études de cas*, article sous presse. Voir également Harald Newman, *Dizionario del vetro*, (éditions Grazanti), 1993.

<sup>379</sup> Pour les résultats d'analyses voir annexe 3.

<sup>379</sup> Pour un survol complet des sources littéraires concernant le verre antique voir Trowbridge 1930.