

# Le verre de fougère

## Fabrication du verre à partir de la cendre de fougère, expérimentation

Allain GUILLOT

### Préambule

On appelle communément « verre de fougère » un verre à boire d'une grande finesse et particulièrement léger produit dans les verreries forestières notamment à la fin du 17<sup>e</sup> siècle<sup>1</sup>. En effet, les verres réalisés avec des salins issus de la cendre de fougère avaient des parois très minces<sup>2</sup>.

Dans la fabrication du verre, pour abaisser la température du point de fusion, on ajoute des fondants. Il s'agit essentiellement de la soude ou de la potasse. La soude<sup>3</sup> se trouvait autrefois sous forme de natron<sup>4</sup> ou dans les cendres de plantes marines essentiellement la salicorne. La potasse<sup>5</sup> se trouvait notamment dans les cendres de plantes terrestres comme la fougère.

Allain Guillot toujours curieux de comprendre comment pratiquaient les verriers dans le passé, nous présente une nouvelle expérimentation<sup>6</sup>, portant ici sur l'élaboration de verre à partir de fondants extraits de la fougère. OG



### LA DEMARCHE Les salins

On trouve le potassium en faible quantité, voire sous forme de traces, dans les verres sodiques les plus anciens car il est introduit de façon involontaire. Il faut attendre le Moyen Age pour trouver des verres dans lesquels le potassium remplace tout ou partie le sodium et cela, jusqu'à la fin du 16<sup>e</sup> siècle.

Les ouvrages anciens que j'ai pu consulter<sup>7</sup> traitant des constituants du verre, de l'utilisation en particulier des fondants, ne sont pas très explicites.

Théophile<sup>8</sup> au 12<sup>e</sup> siècle, dans son *Traité des divers arts*, décrit la préparation du verre en ces termes : « ... en prenant une partie de sable de rivière soigneusement purgé de pierre et de terre, auquel on ajoute deux parties de cendre de hêtre bien mélangé dans un lieu propre »...

Pour extraire le potassium des cendres, il fallait les lessiver, évaporer ensuite les eaux saturées au maximum. Ces résidus d'évaporation s'appelaient *salins*. C'est le terme qui sera retenu ici pour le nommer.

Les *salins* étaient de qualité très variable suivant l'usage auquel ils étaient destinés. Chaque verrerie procédait par tâtonnement, augmentait ou diminuait la teneur en fondant suivant les résultats des fusions précédentes. Georges Bontemps<sup>9</sup> écrit : « ... La purification des salins était d'autant plus poussée que l'on souhaitait obtenir un verre transparent et incolore. L'emploi de ce fondant pour obtenir cette qualité et une plasticité pour le soufflage a donné des verres mal équilibrés par un mauvais dosage de stabilisant (chaux et magnésie) ». Il donne également des résultats d'analyses : « ... Voici quelques résultats des quantités de salins contenus dans les cendres de végétaux, avec 10 tonnes on obtient :

<sup>1</sup> Pour magnifier leur finesse et leur intérêt, une légende veut que ces verres se briseraient si un poison était versé dans la coupe.

<sup>2</sup> Cependant tous les verres aux parois minces ne sont pas réalisés avec des salins aux cendres de fougère ; de même de nombreux verres produits avec de la cendre de fougère (ex verres du Moyen Age) ne sont pas appelés « verres de fougère ». L'appellation « verre de Fougère » se rapporte plus à une typologie d'expert et se rapporte à l'aspect visuel d'un type verre très fin. Cela est à mettre en parallèle avec les appellations « façon de Venise » ou « verre de Grésigne » (dans ce dernier cas on devrait plutôt dire « façon Grésigne » car, comme en Grésigne, de très nombreuses verreries du Sud-ouest ont produits des verres verts bleutés).

<sup>3</sup> La soude ou oxyde de sodium a pour formule Na<sub>2</sub>O

<sup>4</sup> Minéral formé par l'évaporation que l'on trouve notamment dans des lacs dépressionnaires au moyen orient et notamment dans la région du Wadi Natrum entre le Caire et Alexandrie

<sup>5</sup> La potasse ou oxyde de potassium a pour formule K<sub>2</sub>O

<sup>6</sup> Dans la circulaire 106 de juin 2011, Alain Riols a rendu compte des expérimentations d'Allain Guillot quant à la réalisation de bouteilles en basalte en reprenant les recherches de Jean-Antoine Chaptal (1783)

<sup>7</sup> HAUDIQUER DE BLANCOURT, *L'art de la verrerie*, 1727. DIDEROT et D'ALEMBERT, *Encyclopédie, Nouveau dictionnaire universel des arts et métiers*, tome 22, 1885.

<sup>8</sup> THEOPHILE, *Traité des divers arts*, Imprimerie Dunant, Chartres, traduction de 1924.

<sup>9</sup> BONTEMPS, *Le guide du verrier*, Librairie du dictionnaire des Arts et Manufacture, Paris, 1868

Nature du végétal	Quantité de cendres en kg	Salin en kg
Chêne	125	15
Hêtre	58	14,5
Orme	236	39
Fougère	500	62
Sarment de vigne	338	78
Tige de tournesol	572	200
Ortie commune	1071	250

*Les teneurs en salins de ces fougères diffèrent suivant la saison où celles-ci ont été coupées.* » Pour celles récoltées en juin, les cendres contiennent 48,92 % de potassium et celles d'octobre 26,31 %, ce qui est attesté dans les écrits. Le résultat de l'analyse des *salins* montre qu'ils contiennent 75 % de chlorure de potassium, sodium 0.62 %, soufre 1.1 %, silicium 0.69 % et aluminium 0.29 %.

## FABRICATION DE LA POTASSE

### **Préparation des cendres de fougères**

Après avoir récolté et séché les fougères durant douze jours, elles ont été brûlées dans un récipient métallique pour récupérer les cendres. A ce stade, les cendres étaient encore charbonneuses, le séchage étant insuffisant. Elles ont alors été exposées dans un four de cuisson électrique à une température de 580° pendant 6 heures et remuées une dizaine de fois.

Georges Bontemps écrit « *Dans les verreries à bouteilles où l'on emploie directement les cendres, celles-ci doivent être fortement et assez longtemps calcinées, afin d'oxyder complètement le charbon avec lequel il est mélangé. Des arches attenantes au four de fusion sont destinées à cet usage appelées arches cendrières.*».



### **Extraction des sels de potassium**

Les cendres récupérées ont été mises dans un seau avec de l'eau, dans les proportions de un volume de cendres pour deux volumes d'eau bouillante.

Après lessivage et brassages répétés, décantation durant 24 heures, le liquide a été soutiré et versé dans un chaudron en fonte (et non en aluminium car il y aurait au un risque d'explosion dû à une réaction chimique entre la formation d'aluminate de potassium et l'hydrogène).

L'évaporation dans le chaudron sur la cheminée fermée du four de fusion a duré 18 heures.

Les salins ont été mis ensuite dans une coupelle en fonte devant l'ouvreau du four de fusion, pour finir l'évaporation.

Les résultats sont les suivants : pour 22 Kg de fougères vertes → 8 kg fougères sèches → 800 g de cendres → 215 g de salins (chlorure de potassium), soit 0,73.% du poids initial.

## COMPOSITION DU VERRE - Expérimentation

Les principaux composants du verre sont :

- . un vitrifiant, le sable siliceux, de 60 à 75 %
- . un fondant, le sodium ou le potassium, de 15 à 20 %
- . un stabilisant, le calcaire ou la magnésie, de 6 à 12 %
- . les colorants et toujours un faible pourcentage d'impuretés apportées par les matières premières .

**Trois compositions** de fabrication de verre ont été expérimentées :

- *La première* comportait un mélange : sable (30g) + cendres de fougères (60g) + carbonate de chaux (30g). Après une exposition à 1200° pendant 12h, on constate que la vitrification ne s'opère pas bien.

- *Pour la seconde* le mélange était : sable (30g) + cendres de fougères (20g) + carbonate de chaux (9g) + oxyde d'antimoine (0,5 g) + bi-oxyde de manganèse (0,2 g). On constate une vitrification plus avancée.

- *Quant à la troisième*, Pour pouvoir élaborer une quantité de verre d'au moins un kilogramme, des salins à partir de sarments de vignes ont été produits dans les mêmes conditions que ci-dessus pour les salins à partir de fougères. La composition du mélange était : sable (800g) + salins (880g dont de fougères 20g et de sarment de vigne 680 g) + carbonate de chaux (100g) + antimoine (12 g) + manganèse (4 g).

**Mise en œuvre (troisième composition).** 450 g de composition ont été mis dans le creuset en 4 fois toutes les 2 heures, soit 6 heures à une température de 1250°.

Un brassage du verre avec un crochet en fer a été fait toutes les heures, trois fois de suite. Ces brassages avaient pour but d'homogénéiser le bain car des sels blancs étaient apparus en suspension dans le verre. Après chaque brassage étaient versés 6 à 8 cl d'eau sur le bain afin de provoquer une réaction et favoriser l'élimination de ces sels.

**Réalisation de verres.** La température du four ayant atteint en fin de cette phase d'expérimentation les 1265°, le régime du four a dû être diminué pour atteindre le lendemain 1160°, température qui me permettra d'aborder la phase de réalisation de verres. J'ai pu observer que la matière travaillée était un peu trouble, mais bien affinée. La viscosité du verre<sup>1</sup> était élevée puisqu'il m'a fallu le travailler à 1150° alors que la température de la matière que l'on utilise actuellement pour le travail à la main se situe aux alentours de 1100°, avec un palier de travail plus long.

**Le problème des sels blancs<sup>2</sup>.** La production des verres a été faite à partir d'une seule fusion, ce qui explique la difficulté à faire disparaître les sels blancs. Autrefois une *fritte* était réalisée. Cela consistait à opérer une sorte d'agglomération des composants. Le mélange de sable, de *salins* et parfois de cendres récemment produites en plus des deux précédents composants, était mis dans un four appelé *four à fritte*. Le four été chauffé graduellement jusqu'au rouge sombre à 850/900°C (voire peut-être plus ?). Ce mélange était remué régulièrement afin que toute la masse prenne une température homogène. Cela durait plusieurs heures jusqu'à ce que le mélange commence à s'agglomérer. Quand cette masse avait acquis la consistance souhaitée, cette *fritte* était sortie du four à l'aide d'une raclette et on la laissait refroidir. L'opération permettait de brûler les matières organiques et surtout de faire dégazer les chlorures, les sulfures et sulfates<sup>3</sup>. Il était conseillé de laisser reposer la *fritte* plusieurs mois et l'on pouvait observer une efflorescence blanche à la surface, du *carbonate de potassium*.



## CONCLUSION

Les modes opératoires proposés dans les ouvrages anciens sont peu explicites et conduisent à avancer par tâtonnement. D'autres essais seront nécessaires pour mieux comprendre le processus d'élaboration<sup>4</sup>. Les résultats obtenus sont cependant satisfaisants étant donné le peu d'expérimentations réalisées.

La fabrication de salins représentait un travail considérable. Cela explique la faible épaisseur des objets réalisés.

Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre le rôle de la fritte, opération indispensable pour brûler les sulfures et les chlorures néfastes dans la composition de tels verres<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> Résultats d'analyse de ce verre : SiO<sub>2</sub> : 65.87, K<sub>2</sub>O : 27.90, CaO : 4.03, Na<sub>2</sub>O : 1.02, SO<sub>3</sub> : 0.86, Cl : 0.13

<sup>2</sup> L'Analyse des sels blancs donne les résultats suivants : Si : 5.20, K : 50.40, Ca : 0.51, Na : 0.57, S 43.27. Ces résultats montrent bien qu'il s'agit d'un sulfure de potassium.

<sup>3</sup> Le sulfate de potassium ne s'intègre pas dans le verre pendant la fusion, si le verre en contient, il surnage sur le bain et il est très difficile de le sortir complètement (expérience personnelle).

<sup>4</sup> Au cours des expérimentations à venir, il sera nécessaire d'introduire 10 à 20 % de carbonate de chaux. Il faudra également déterminer les temps, les températures et vérifier l'incidence sur le vieillissement de la fritte.

<sup>5</sup> Les analyses réalisées montrent la présence de sulfure de potassium. Le pourcentage de potassium était grandement suffisant pour avoir un verre moins visqueux. La présence de sulfure a dû diminuer le pouvoir fondant du potassium et a certainement rendu le verre légèrement trouble.