

D'Orient en Occident : l'origine du verre à l'époque romaine et durant le haut Moyen Âge

Maurice Picon*,
Michèle Vichy**

La localisation des ateliers primaires où l'on produisait le verre brut qui était transformé en produits manufacturés dans les ateliers secondaires occidentaux, à l'époque romaine et durant le haut Moyen Âge, donne encore lieu à des opinions fortement contrastées. Celles-ci relèvent le plus souvent de convictions personnelles, peu ou pas argumentées, ce qui justifie que soient présentées et discutées les données dont on dispose actuellement sur cette question. On exposera d'abord les raisons qui permettent de penser que ce verre brut provient du Proche-Orient, et pour l'essentiel de Syrie-Palestine. Puis on examinera les principales objections qui ont été soulevées contre cette proposition de localisation, en essayant d'en comprendre et les raisons et les motivations. Enfin, on évoquera quelques aspects particuliers de l'artisanat verrier occidental, qui découlent de cette situation.

Avant d'aborder l'étude de ces différentes questions, il importe de souligner que les verres dont nous recherchons l'origine sont tous des verres au natron. Il ne s'agit en aucun cas des verres aux cendres végétales qui remplaceront progressivement les verres au natron en Occident, autour du IX^e siècle (Foy 1988). Nous les évoquerons dans la dernière partie de cet exposé.

1. Les premiers arguments

La très grande homogénéité des compositions des verres retrouvés dans les ateliers secondaires et les sites de consommation du monde romain occidental fut le premier argument utilisé lors de la détermination de l'origine

de ce matériau. Cette homogénéité avait intrigué certains chercheurs, mais très peu d'entre eux pensèrent que de telles ressemblances de composition ne pouvaient s'expliquer que si l'on supposait l'emploi, par tous les verriers, d'un même matériau, un verre brut produit dans une même région, à partir du même sable. Ce verre, dont l'homogénéité de composition s'expliquerait ainsi tout naturellement, aurait approvisionné l'ensemble des ateliers secondaires du monde romain occidental (Velde 1990 ; Nenna *et al.* 1997).

C'est peu de dire que cette explication fut accueillie avec réserve. Il y eut une convergence de fait pour ignorer dans le meilleur des cas les raisons avancées, ou pour estimer qu'elles étaient dépourvues de tout intérêt, voire de sens¹.

Mais quelles étaient ces raisons ? Il s'agissait pour l'essentiel d'arguments géochimiques, et, secondairement, techniques (cf. chap. 3). D'un point de vue géochimique, il semblait impossible que l'homogénéité des compositions observée puisse s'accorder avec l'existence dans le monde romain occidental de nombreux ateliers primaires qui auraient approvisionné en verre brut les ateliers secondaires fabriquant les produits manufacturés destinés à la commercialisation. Si ces nombreux ateliers primaires avaient existé, et avaient utilisé les sables locaux, l'ensemble des verres du monde romain occidental aurait dû présenter des compositions beaucoup plus variées que celles dont témoignent les analyses. C'est ce qu'on va s'efforcer de montrer, après avoir présenté les données récentes, archéologiques et archéométriques, qui permettent d'étayer ce point de vue.

* UMR Archéométrie et archéologie, Maison de l'Orient Méditerranéen, 7 rue Raulin, F-69007 Lyon.

¹ L'explication de ce refus se comprend assez bien. Il y avait la conviction de la plupart des archéologues spécialistes du verre qui imaginaient la production antique de ce matériau sur le modèle bien connu des époques médiévales et post-médiévales, où chaque atelier fabrique le verre dont il a besoin en utilisant des sables locaux. Il y avait aussi l'ignorance en géologie et en géochimie de la plupart des archéomètres, issus le plus souvent des secteurs de la physique et de la chimie, qui n'avaient guère d'idée sur les variations de composition que présentent les sables, d'un gisement à un autre, et qui avaient tendance à les sous-estimer. Il y avait enfin la méconnaissance des archéologues, des archéomètres et même des verriers actuels, sur la gamme des compositions que pouvaient tolérer les artisans de l'Antiquité. Cette tolérance était largement sous-estimée, elle aussi, au point d'imaginer par exemple que des exigences techniques liées aux possibilités de travail du verre par soufflage avaient pu conduire à l'élaboration de matériaux vitreux ayant des compositions aussi uniformes que celles que révélait l'analyse des verres du monde romain occidental (voir également note 9). Tout ceci explique les réticences ou les refus opposés aux quelques travaux qui défendaient l'origine étrangère de la quasi-totalité du verre employé dans les ateliers secondaires du monde romain occidental.

2. Les données nouvelles

On était encore obligé, il y a moins d'une dizaine d'années, de raisonner sur l'existence éventuelle d'ateliers primaires dans l'Occident romain en ayant, pour seul argument, des données géochimiques relatives aux gisements de sable. Mais à présent nous nous trouvons bien mieux armés pour aborder ces questions. C'est que nos connaissances ont beaucoup progressé sur les compositions des verres au natron, romains et médiévaux, produits dans les ateliers primaires de Syrie-Palestine et surtout d'Égypte.

Il y eut d'abord les découvertes et redécouvertes des ateliers primaires égyptiens (Nenna *et al.* 1997, p. 84-86 ; Empereur, Picon 1998, appendice 3 ; Nenna *et al.* 2000, p. 97-106). De plus, différents groupes de composition correspondant à d'autres ateliers primaires ont pu être mis en évidence, puis contrôlés en confrontant les résultats des analyses avec les données typologiques et chronologiques (Foy *et al.* 2000a, p. 426-431 ; Foy *et al.* 2000b, p. 53-56 ; Foy *et al.* dans ce vol. ; Foy *et al.* sous presse ; Picon 2001b)². C'est ainsi que nous distinguons actuellement 12 groupes de composition, numérotés de 1 à 12. Tous sont présents en Orient, mais 4 d'entre eux le sont également en Occident ; il s'agit des groupes 1, 2, 3 et 4.

Le groupe 3 réunit sans doute plus des neuf dixièmes des exemplaires d'époque romaine retrouvés en Occident, mais c'est également, et de loin, le groupe le plus représenté au Proche-Orient et sur tout le pourtour de la Méditerranée. On le connaît en Orient et en Occident au moins depuis le III^e siècle avant notre ère, et il demeure présent, et très largement majoritaire, en Occident jusqu'à son remplacement progressif, autour du IX^e siècle, par les verres aux cendres. C'est ce groupe qui nous retiendra surtout, puisqu'il représente à lui seul la quasi-totalité des verres du monde romain occidental. Les questions que l'on abordera concerneront l'homogénéité de ce groupe et, à travers elle, la multiplicité éventuelle de ses origines dans des régions fort éloignées les unes des autres, ou, au contraire, la concentration des ateliers primaires correspondants à l'intérieur d'une région peu étendue. La détermination de ces origines constituant la seconde question abordée.

Le groupe 4, moins important, ne se rencontre en Occident qu'aux II^e et III^e siècles de notre ère, voire un peu avant. C'est le groupe qui se rapproche le plus du groupe

3 dont il se distingue surtout par des pourcentages de chaux plus faibles et par l'utilisation d'un décolorant à l'antimoine, alors que les verres du groupe 3 sont décolorés au manganèse. La localisation des ateliers primaires qui l'ont produit demeure incertaine, malgré les affinités de composition qu'il présente avec le groupe 3 dont on montrera plus loin l'origine syro-palestinienne (cf. chap. 5-7).

Les groupes 1 et 2 sont de petits groupes de verre d'époque tardive qui sont présents en Occident, au V^e siècle pour le premier, aux VI^e-VII^e siècles pour le second. Une origine égyptienne a été suggérée à leur propos, mais, quoique probable, celle-ci demeure à l'étude (Foy *et al.* dans ce vol.).

Sur les 12 groupes de verre au natron actuellement répertoriés, les numéros 5, 6, 7, 8, 9 et 12 sont sûrement égyptiens, mais, jusqu'ici, ils n'ont pas été retrouvés en Occident, les numéros 7, 8 et 9 étant d'ailleurs d'époque islamique³. On notera l'importance de l'Égypte parmi les groupes — et donc les ateliers primaires — catalogués jusqu'ici, d'autant que les numéros 1, 2, 10 et 11 sont probablement, eux aussi, d'origine égyptienne. Ce qui souligne par contraste le petit nombre de groupes de composition pouvant correspondre aux ateliers primaires de Syrie-Palestine, et soulève la question de l'uniformité de composition des verres issus de la plupart des ateliers primaires de cette région. On en proposera au chap. 5 une explication que l'on développera dans les chapitres suivants.

3. La diversité des compositions

Pour illustrer la diversité de composition des verres au natron produits dans les différents ateliers primaires du Proche-Orient et en Égypte particulièrement — diversité qu'on devrait retrouver en Occident si de tels ateliers y avaient été implantés, d'autant que la variété des contextes géologiques est au moins aussi grande en Occident qu'au Proche-Orient —, on a calculé la composition moyenne des sables utilisés dans chaque atelier. Ce calcul n'est évidemment possible que si les verres au natron ne comportent que deux constituants, le sable et le natron. La composition de ce dernier étant connue, il est aisé d'en déduire celle du sable à partir de celle du verre, par simple

² Ce n'est que justice de souligner ici tout ce que la détermination des groupes, partie essentielle de cette recherche, doit à Danièle Foy.

³ Il n'est pas exclu que le groupe 12, originaire du Wadi Natrun, soit post-médiéval, voire moderne. On notera d'autre part que les groupes 10, 11 et 12 sont très petits (moins de 5 exemplaires), mais on les a conservés car ils proviennent de dépotoirs d'ateliers primaires (à l'exception du groupe 10, bien défini cependant). Il est prévu de chercher à les compléter, lors d'une autre prospection en Égypte. On notera aussi que les groupes 7, 8 et 9 avaient déjà été identifiés parmi les poids monétaires égyptiens (Gratuze, Barrandon 1990 et 1991) et qu'ils ont été retrouvés ici dans la vaisselle de verre. On rappelle enfin que le groupe 1 a été reconnu pour la première fois à Carthage (Freestone 1994).

⁴ Le natron contient un certain nombre d'impuretés que l'on devrait soustraire de la composition des verres pour obtenir celle des sables. Mais le sable contient aussi un peu de sodium dont il faudrait tenir compte dans le calcul de sa composition. C'est ce qu'on avait pu faire pour le groupe 3, lors d'une précédente étude (Foy *et al.* 2000b, p. 54-55). Ici l'incertitude sur les traces de sodium des différents sables ôte beaucoup d'intérêt à de telles corrections, d'autant que celles-ci demeurent faibles. On se contentera donc de soustraire les pourcentages de sodium — et ceux du manganèse ajouté souvent comme colorant ou décolorant — et de ramener à 100 la somme des constituants restants. Ces utilisations particulières du manganèse expliquent son absence sur la figure 1.

soustraction⁴.

Certains auteurs ont cru pouvoir arguer d'un passage de Pliny l'Ancien (XXXVI, 192) pour soutenir qu'on aurait utilisé dès cette époque, et de façon intentionnelle, un ajout de chaux servant de stabilisant. L'examen des traités techniques médiévaux et post-médiévaux, complété par l'étude des résultats d'analyse, contredit cette affirmation sur laquelle il ne semble pas nécessaire de revenir ici (Turner 1956, p. 45T-47T ; Brill 1988, p. 270-271 ; Foy *et al.* 2000a, p. 423-425 ; Picon 2001a, p.

23-24).

On a reporté à titre d'exemple sur la figure 1 les pourcentages de chaux (CaO), d'oxyde de fer (Fe₂O₃), d'oxyde de titane (TiO₂), d'alumine (Al₂O₃) et de magnésie (MgO) des sables correspondants aux 12 groupes de verre au natron actuellement répertoriés. Mais on aurait pu, de la même manière, utiliser les pourcentages des autres constituants principaux des sables, la silice (SiO₂), la potasse (K₂O), l'anhydride phosphorique (P₂O₅). Si on ne l'a pas fait, c'est pour ne pas alourdir la présentation des résul-

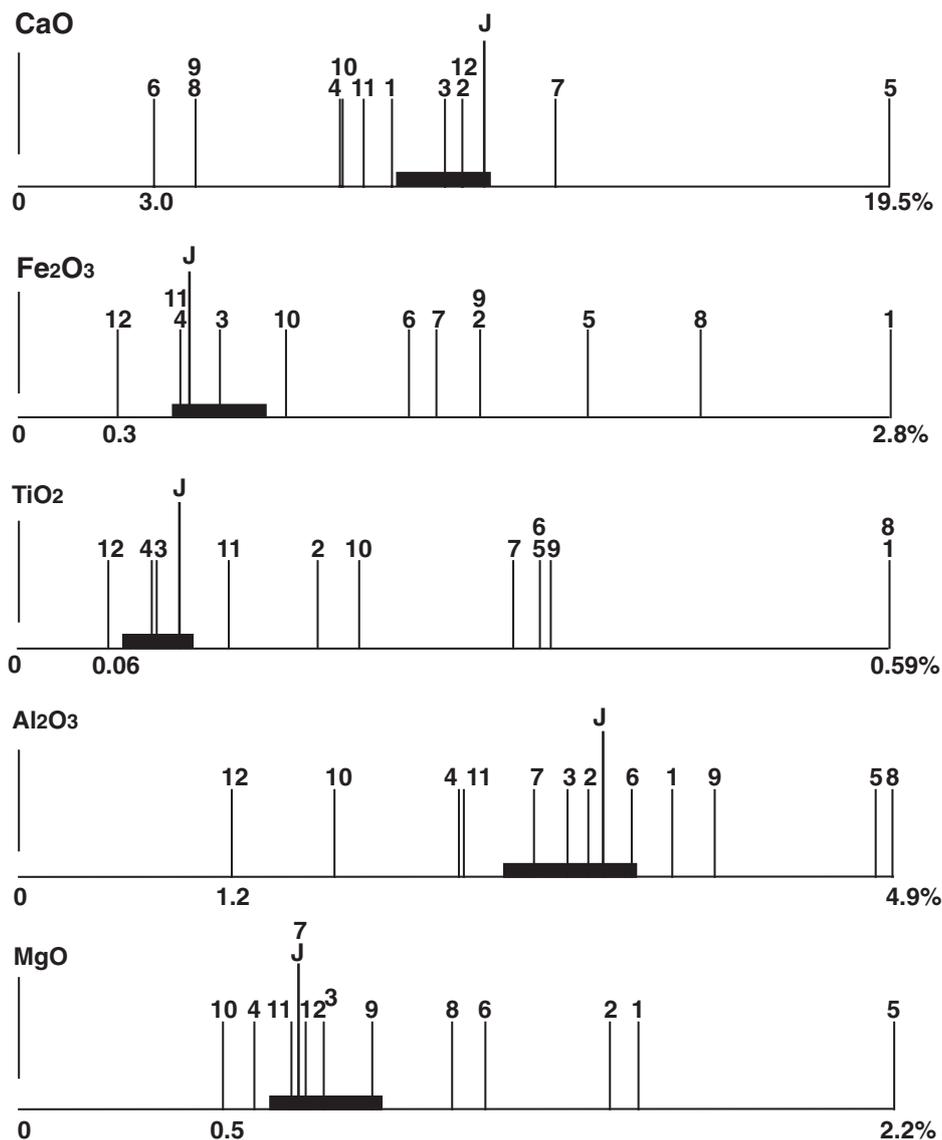


Fig. 1 — Distribution des pourcentages moyens en chaux (CaO), oxyde de fer (Fe₂O₃), oxyde de titane (TiO₂), alumine (Al₂O₃) et magnésie (MgO) des sables correspondant aux 12 groupes de verre au natron actuellement répertoriés. Avec, pour comparaison, les valeurs calculées pour l'atelier secondaire de Jalame en Israël. Les groupes sont repérés par leur numéro, celui de Jalame l'étant par la lettre J. Les écarts-types du groupe 3 sont figurés par les barres noires horizontales, centrées sur ce groupe.

⁵ À propos des analyses, on doit noter — compte tenu de la manière dont a été calculée la composition des sables (cf. note 4) — qu'il subsiste, dans les pourcentages moyens, une légère contribution due aux impuretés du natron (Brill 1988, p. 270). Mais, pour un constituant donné, cette contribution peut être considérée comme constante, ses variations d'un atelier primaire à un autre étant bien trop faibles pour affecter les positions relatives des pourcentages moyens des sables de la figure 1. De plus ces contributions ont elles-mêmes des valeurs moyennes trop faibles pour décaler d'une manière significative l'ensemble des pourcentages reportés sur la figure 1. On précise encore que le fer est compté, en totalité, sous forme d'oxyde ferrique Fe₂O₃, et que le manganèse a été éliminé pour les raisons indiquées note 4 (sur les traces voir note 8). On signale enfin que toutes les analyses ont été faites au CRPG (Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques) de Nancy par spectrographie d'émission — ICP et ICP-MS.

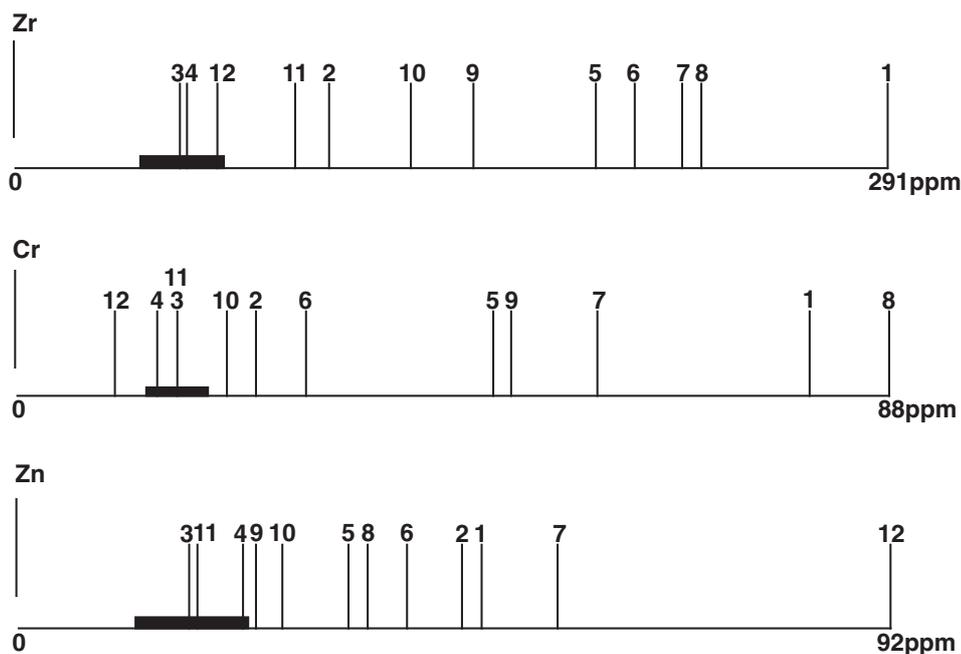


Fig. 2 — Distribution des taux moyens de traces métalliques exprimés en parties par million (ppm) de zirconium (Zr), chrome (Cr) et zinc (Zn) des sables correspondant aux 12 groupes de verre au natron actuellement répertoriés. Les groupes sont repérés par leur numéro. Les écarts-types du groupe 3 sont figurés par les barres noires horizontales, centrées sur ce groupe.

tats, et parce que les variations de ces constituants sont moins significatives aussi⁵.

Le groupe 3 de la figure 1 est moins important en nombre que celui que nous avons utilisé lors d'une précédente étude (Nenna *et al.* 1997, p. 84-86). Il ne comprend que 84 exemplaires au lieu de 227⁶. C'est qu'ici nous avons choisi préférentiellement, mais pas uniquement, des exemplaires retrouvés en Occident, et des exemplaires analysés dans les mêmes conditions. Ce qui permet une meilleure appréciation de la dispersion du groupe. Celle-ci est indiquée sur la figure 1 par des barres noires horizontales correspondant aux écarts-types, barres qui sont donc centrées sur les traits verticaux représentatifs du groupe. Les exemplaires orientaux qui pourraient servir de références pour l'étude du groupe 3 sont toujours aussi mal représentés qu'auparavant, l'étant seulement par les moyennes de 53 fragments de l'atelier secondaire de Jalame en Palestine, analysés de surcroît par d'autres méthodes⁷. Ces moyennes sont repérées par la lettre J, sur la figure 1.

L'examen de la figure 1 conduit à une première évi-

dence, que les compositions des sables utilisés dans les différents ateliers primaires sont — comme on pouvait s'y attendre — extrêmement variées. Les verriers ont donc été capables de s'adapter à des sables très divers, imposés sans doute par les disponibilités locales (c'est en tout cas ce qu'on a pu vérifier pour les ateliers primaires de Maréotide et du Wadi Natrun (Nenna *et al.* 2000, p. 105-106 et 111).

Dans ces conditions il paraît tout à fait impossible d'expliquer l'homogénéité de composition de la quasi-totalité des verres de l'Occident romain — représentés principalement par le groupe 3 — en supposant que les ateliers primaires de ces régions ont été amenés à utiliser des sables dont les compositions se ressemblent, du seul fait que dans ces ateliers on aurait fait en sorte que les verres aient les mêmes caractéristiques d'aspect et les mêmes comportements lors du façonnage. La conclusion la plus vraisemblable serait plutôt que le groupe 3 corresponde à une seule et même région productrice, de surcroît peu étendue, ce qui permettrait aux ateliers primaires qui s'y trouvent d'employer sans difficulté le même sable. On

⁶ En puisant dans la bibliographie on réunirait aisément plus d'un millier d'analyses du groupe 3 provenant de sites d'habitat ou d'ateliers secondaires du monde romain occidental, ce groupe y étant, et de loin, le mieux représenté (cf. chap. 3). Si on ne l'a pas fait c'est qu'on sera amené à classer le groupe 3 (cf. chap. 6) et qu'on a voulu éviter la constitution de sous-groupes qui ne seraient déterminés que par l'appartenance à tel ou tel laboratoire, ou par l'utilisation de telle ou telle méthode d'analyse. Ce risque prenant ici une importance particulière, par suite de l'homogénéité du groupe 3.

⁷ Soulignons ici que l'on manque d'analyses qui seraient représentatives de l'ensemble de la production syro-palestinienne. On ne dispose en effet que de données relatives à des productions tardives, voire très tardives, provenant de fouilles d'ateliers en Palestine (Brill 1988 ; Freestone *et al.* 2000). Et encore ces sites sont-ils peu nombreux. On ne saurait donc s'étonner de l'existence d'un certain décalage entre ces compositions palestiniennes et celles des verres du groupe 3 auxquels nous attribuons une origine syro-palestinienne. Les datations des exemplaires du groupe 3 étant de plus assez différentes de celles des ateliers palestiniens actuellement connus (cf. chap. 5).

montrera que cette région ne peut qu'être syro-palestinienne (cf. chap. 5-7).

Pour les mêmes raisons, on ne voit pas comment on pourrait accorder quelque crédit à cette autre forme de l'hypothèse précédente qui présuppose l'existence d'une recette ou d'une formule que les hypothétiques ateliers primaires du monde romain occidental auraient tous suivie, ce qui rendrait compte de l'homogénéité de leurs compositions. D'autant que les ressemblances de composition qui existent à l'intérieur du groupe 3 ne concernent pas seulement les constituants principaux du verre, mais aussi les constituants mineurs dont les verriers n'avaient aucun moyen de soupçonner l'existence, que ce soit de manière directe ou indirecte. C'est le cas par exemple du titane sur la figure 1, et surtout de l'ensemble des traces dont quelques-unes⁸ ont été reportées sur la figure 2⁹.

On connaît donc 4 groupes de verre au natron en Occident, à l'époque romaine et durant le haut Moyen Âge (cf. chap. 2). Le plus important, et de loin, le groupe 3, est présent massivement dans le monde romain occidental dès le I^{er} siècle de notre ère, et il semble y avoir été importé pendant de nombreux siècles¹⁰. Le groupe 4, essentiellement constitué de verre incolore, ne connaît une certaine importance qu'aux II^e-III^e siècles, mais il reste apparemment minoritaire au sein des verres au natron retrouvés en Occident, toutes périodes confondues. Quant aux groupes tardifs 1 et 2, ils sont quantitativement moins bien représentés encore dans cet ensemble de verres au natron.

Ces 4 groupes ont des caractéristiques communes intéressantes que l'on se contentera de rappeler. Il y a d'abord le fait qu'on les trouve sur tout le pourtour du bassin méditerranéen, en Orient comme en Occident, ce qu'illustre la figure 3. Le fait aussi qu'on les rencontre dans les épaves et dans les ateliers secondaires sous forme de blocs de verre brut, destinés à être transformés en objets manu-

4. La répartition des groupes

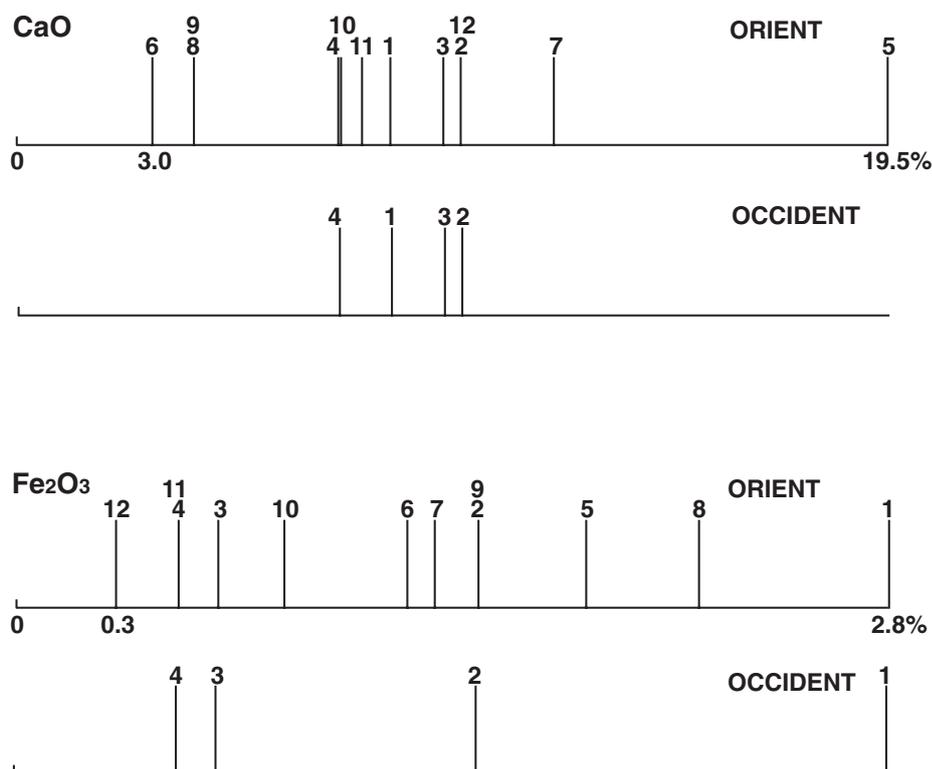


Fig. 3 — Comparaison des différents groupes de composition de verre au natron rencontrés en Orient et en Occident, illustrée par les pourcentages moyens de 2 constituants chimiques de leurs sables, CaO et Fe₂O₃. Les groupes sont repérés par leur numéro.

⁸ Les exemplaires de Jalame ne sont pas reportés sur la figure 2, car les traces n'ont pas été mesurées, ou l'ont été avec une précision insuffisante qui en rend leur utilisation impossible (Brill 1988, p. 258-260 et 262-267).

⁹ Quant aux raisons thermodynamiques invoquées pour expliquer l'homogénéité de la quasi-totalité des verres de l'Occident romain, elles supposent une bien grande ignorance de ce que sont les pratiques artisanales de l'Antiquité, et particulièrement de la réalité des ateliers primaires avec leurs variations de composition à l'intérieur d'un même bain, leur adaptation évidente aux sables locaux, *etc.* (Rehren 2000).

¹⁰ Il est difficile actuellement de suivre les importations les plus récentes en Occident de verre brut du groupe 3, trop peu de travaux s'étant souciés de repérer et d'étudier les éclats de débitage des blocs correspondant à de telles importations. Mais on sait que des fours produisant de 8 à 12 tonnes de verre brut au natron, dont les compositions ne diffèrent guère de celles du groupe 3, continuent à fonctionner au Proche-Orient au cours du VIII^e siècle (Gorin-Rosen 2000 ; Freestone *et al.* 2000). On sait aussi que les verres bruts orientaux des groupes 1 et 2, plus aisément repérables par leur coloration jaune verdâtre à brun, sont exportés en Occident du V^e au VIII^e siècle (Foy *et al.* 2000a et b).

facturés (Foy *et al.* 2000a, p. 425-431 ; Foy *et al.* 2000b, p. 52-53 ; Foy, Nenna 2001, p. 100-112). Ces caractéristiques témoignent d'une diffusion à longue distance dont il reste à préciser les points de départ, donc à localiser les ateliers primaires correspondants. Mais ici on ne s'occupera que des ateliers primaires du groupe 3, qui est le plus important, et de beaucoup (cf. chap. 5-7).

On a déjà souligné (cf. chap. 3) que la faible dispersion des compositions du groupe 3 ne permettait pas d'envisager que de nombreux ateliers primaires, largement disséminés en Occident ou en Orient, aient été capables de produire des verres dont les compositions se ressemblent autant, d'un atelier à l'autre. Et qu'il fallait plutôt envisager l'hypothèse d'une seule région productrice, peu étendue. C'est cette hypothèse qu'on va présenter, puis discuter.

5. L'hypothèse de la rivière Belus

Si le diagramme de la figure 1 montre que les verriers étaient capables de s'accommoder de sables ayant des compositions très diverses, cela ne veut pas dire que tous les sables se valent pour la fabrication des verres au natron. Certains sables, très purs, manquent des stabilisants nécessaires, alors que d'autres, trop impurs, cumulent les inconvénients au point d'être inutilisables pour une production artisanale de verre¹¹. En revanche, il y a, dans la nature, des sables qui ont des compositions presque idéales. C'est le cas de ceux qui permettent d'obtenir un verre possédant une aptitude particulière à être travaillé, grâce notamment à des pourcentages bien adaptés de calcium, magnésium, aluminium, *etc.* Et s'ils ont de surcroît des taux de fer peu élevés qui facilitent la décoloration de la matière vitreuse (par l'antimoine ou le manganèse), on sera en présence de sables qui ne pourront qu'être fort prisés, d'autant que la nature ne les fournit certainement qu'avec parcimonie¹². Aussi ne s'étonnera-t-on point que les gisements de ces sables aient pu jouir d'une grande renommée.

Dans l'Antiquité, le plus célèbre d'entre eux était celui de la rivière Belus¹³. Ce gisement, peu éloigné des métropoles verrières de Tyr et de Sidon, jouissait d'une grande renommée dont on retrouve l'écho chez plusieurs auteurs anciens : Strabon, Pline, Flavius Josèphe, Tacite et

d'autres encore (Forbes 1966, p. 146). De fait la rivière Belus se trouve au cœur d'une région qui connut une intense activité verrière durant l'Antiquité et au cours de la période médiévale (Forbes 1966, p. 146-174 ; Weinberg 1988 ; Stern, Schlick-Nolte 1994, p. 72-79 et 108-109 ; Gorin-Rosen 2000).

Aussi est-ce tout naturellement qu'on a été amené, en recherchant l'origine du groupe 3, à comparer ses compositions avec celles des verres issus de cette très grande région productrice. Mais on se heurte alors à une difficulté majeure, déjà signalée au chap. 2, qui tient à l'insuffisance notoire des analyses de verre du Proche-Orient et particulièrement de Syrie-Palestine. On ne disposait, récemment encore, pour cette région, que des références constituées par le matériel de l'atelier secondaire de Jalame en Israël (Brill 1988, p. 258-260 et 262-267). Mais ce matériel étudié par Brill ne représente jamais qu'un seul point de comparaison, pour une région qui dut être particulièrement riche en ateliers primaires et secondaires. En outre, il s'agit d'un matériel sans doute assez peu représentatif de l'ensemble de la production syro-palestinienne, car on a affaire à une zone marginale par rapport aux principales officines qu'on peut imaginer plus proches des villes de Tyr et de Sidon. De plus, ce matériel ne concerne qu'une tranche chronologique assez étroite, et tardive. De nouvelles analyses ont été publiées depuis les travaux de Brill, mais elles correspondent à des ateliers situés encore plus en marge et encore plus tardifs (Freestone *et al.* 2000, p. 77-79). Comme il s'agit en outre d'ateliers primaires, certainement moins représentatifs des compositions syro-palestiniennes que ne l'était l'atelier secondaire de Jalame, on s'en est tenu provisoirement à la série des 53 références de cet atelier, auxquelles seront comparées les compositions des 84 verres du groupe 3, analysés dans les mêmes conditions (cf. note 6). L'objectif de cette recherche étant de déterminer si les verres du groupe 3 découverts en Occident pourraient avoir été fabriqués à partir du même sable que celui qui a été utilisé pour les verres de Jalame. Car il a été prouvé que ces derniers ont bien été faits avec le sable de la rivière Belus (Brill 1988, p. 270-271).

Auparavant on soulignera que l'utilisation intensive du sable de la rivière Belus suffirait à expliquer le contraste déjà signalé (cf. chap. 2) entre le petit nombre de groupes

¹¹ Les sables trop purs donnent avec le natron des verres facilement attaquables par l'eau, voire même entièrement solubles dans l'eau. On dit qu'ils manquent des stabilisants que sont le calcium, le magnésium, l'aluminium, *etc.* Quant aux sables trop riches en l'un ou l'autre de ces constituants, ils peuvent, selon les cas, être difficiles à fondre ou être trop fusibles. Ils peuvent aussi n'avoir, par exemple, qu'une plage de température trop étroite à l'intérieur de laquelle il est possible de les travailler par soufflage...

¹² On se reportera pour cette question au chapitre 7, et aux questions de probabilités.

¹³ La rivière Belus est un petit cours d'eau dont l'embouchure se trouve à quelques kilomètres au sud d'Akko en Israël (Akko est l'ancienne Saint-Jean-d'Acre, la Ptolemaïs antique). Le sable que les textes de l'Antiquité désignent sous le nom de sable de la rivière Belus n'est pas nécessairement un sable de rivière ; il provient bien plus sûrement de l'érosion marine. Mais il était dans les habitudes des auteurs anciens d'appeler du nom de la rivière ou du fleuve dont l'embouchure est la plus proche, les sables déposés le long des côtes. Ainsi Pline parle-t-il du sable du Volturne en Italie, à propos de celui qui est recueilli entre Cumes et Litérne, soit à 15 ou 20 km de l'embouchure de ce fleuve (Pline l'Ancien, XXXVI, 194). Il n'est donc pas exclu que le sable de la rivière Belus corresponde à un gisement important par son volume (et dont la composition serait relativement homogène). Toutefois Pline ne lui accorde qu'une longueur de 500 pas, tout en s'émerveillant de son exploitation durant tant de siècles (Pline l'Ancien, XXXVI, 191). Mais pour se faire une opinion sur ce gisement on manque vraiment de recherches un peu approfondies sur les sables de la région, celles-ci pouvant corroborer utilement les résultats des analyses effectuées sur les verres retrouvés en Occident (cf. chap. 6).

de compositions des verres présumés syro-palestiniens, et le nombre bien plus élevé de groupes égyptiens.

6. Les comparaisons des moyennes

Il s'agit de comparer les compositions moyennes des verres du groupe 3 à celles des exemplaires de Jalame servant – faute de mieux – de références orientales.

L'examen de la figure 1 montrait déjà que parmi les 12 groupes de composition actuellement connus pour les verres au natron, le groupe 3 est le seul qui se trouve constamment, pour tous les constituants représentés, à moins d'un écart-type des moyennes de Jalame¹⁴. C'est donc celui dont les compositions moyennes s'écarteraient le moins de celles de Jalame, ou leur ressembleraient le plus.

On peut vérifier l'existence de cette ressemblance d'une manière plus rigoureuse, qui prenne en compte tous les constituants chimiques, en même temps, et non les uns à la suite des autres comme sur la figure 1. Pour cela on calcule les dissemblances de composition, ou distances, qui séparent la composition moyenne de Jalame de celles de chacun des 12 groupes de composition. Plus les distances calculées sont grandes, et moins les moyennes concernées se ressemblent¹⁵. Le résultat de ce calcul de

distances est reporté à la partie supérieure de la figure 4. La ressemblance du groupe 3 avec les références de Jalame, bien plus marquée que pour aucun autre groupe, y apparaît clairement¹⁶.

Comme dans tout problème de détermination d'origine, cette ressemblance marquée entre le groupe 3 et les exemplaires de Jalame soulève une série d'interrogations. La première, la plus importante, consiste à se demander si une telle ressemblance est suffisamment marquée, pour permettre — en s'appuyant éventuellement sur un certain nombre d'arguments complémentaires — de considérer que les sables de ces deux groupes ont une origine commune. C'est évidemment la question majeure, celle qui fera l'objet du chapitre suivant.

Mais il est une autre question qu'on se doit d'aborder dès à présent, car elle se pose toutes les fois où les ressemblances prises en compte concernent des valeurs moyennes, et non des valeurs individuelles, c'est-à-dire des valeurs correspondant à des exemplaires considérés isolément. N'utilisant que des valeurs moyennes, on ne saurait affirmer que les 84 verres qui constituent le groupe 3 ont tous la même origine. Il existe en effet, comme dans n'importe quel groupe, des exemplaires marginaux, dont l'appartenance au reste du groupe peut faire difficulté¹⁷. Bien qu'on puisse douter que ces exemplaires marginaux soient en nombre suffisant pour modifier de façon signifi-

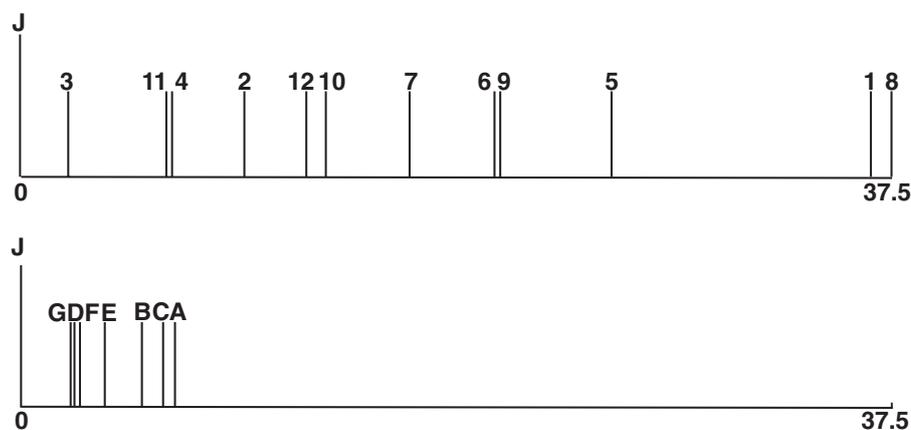


Fig. 4 — À la partie supérieure, distances à Jalame des compositions moyennes des sables des 12 groupes de verre au natron actuellement répertoriés, repérés par leur numéro. À la partie inférieure, distances à Jalame des compositions moyennes des sables des 7 sous-groupes du groupe 3, repérés par les lettres de A à G.

¹⁴ Le test n'a pas pu être étendu aux constituants en traces, car on ne dispose pas des valeurs correspondantes pour Jalame (cf. note 8).

¹⁵ Les distances utilisées sont les distances euclidiennes sur variables centrées réduites relatives aux 5 constituants de la figure 1. La prise en compte des autres constituants principaux du sable ne modifie pas de manière significative le diagramme de la figure 4.

¹⁶ Il ne saurait bien entendu y avoir coïncidence, sur la figure 4, entre le groupe de Jalame et le groupe 3, si l'on considère que le groupe de Jalame n'est certainement pas représentatif de l'ensemble de la production syro-palestinienne, pas plus d'ailleurs que le groupe 3 ne l'est des exemplaires retrouvés en Occident, qui seraient susceptibles d'être rattachés à ce groupe (cf. note 7).

¹⁷ On peut s'y attendre surtout lorsqu'on a affaire à une production importante, s'étendant sur une très longue période, comme c'est le cas pour le groupe 3.

cative les diagrammes des figures 1 à 4, on va quand même examiner brièvement l'homogénéité du groupe 3, et la présence éventuelle, dans ce groupe, de compositions marginales.

On a effectué pour cela une classification des 84 exemplaires du groupe 3¹⁸. Sur le diagramme correspondant, on a marqué les principaux sous-groupes que cette classification met en évidence (fig. 5). Ils sont désignés de gauche à droite par les lettres de A à G. Enfin on a calculé la distance des sables de chacun de ces sous-groupes aux sables du groupe de Jalame, comme on l'avait fait pour les 12 groupes de verre au natron, et on a reporté ces distances à la partie inférieure de la figure 4¹⁹.

Un examen un peu attentif du contenu des sous-groupes de la figure 5 montre qu'ils résultent d'un enchevêtrement récurrent et assez aléatoire de données chronologiques, de données géochimiques, celles des sables principalement, et de données techniques : proportion des constituants de base, présence ou absence de décolorants (bien que ceux-ci n'aient pas été pris en compte dans la classification). Ce qui revient à dire que la manière dont a été constitué l'échantillonnage analysé entre certainement pour une large part dans la formation des sous-groupes, et que ceux-ci auraient sans doute été différents si l'échantillonnage avait lui-même été différent (ce que les dernières analyses du groupe 3 semblent confirmer pleinement). En tout cas on ne voit pas de raison déterminante qui permette de supposer, au stade actuel des recherches, que l'un de ces sous-groupes pourrait avoir été fait avec un sable d'une autre origine. D'ailleurs les écarts de composition que ces mêmes sous-groupes présentent entre eux sont comparables à ceux qui existent à l'intérieur de l'en-

semble qu'on peut constituer, par exemple, avec le groupe de Jalame et les groupes de verres syro-palestiniens au natron publiés récemment (Freestone *et al.* 2000, p. 77-79). À vrai dire il est même assez étonnant – compte tenu de l'extension dans le temps et dans l'espace dont on gratifierait volontiers les ateliers primaires du groupe 3 – que les sous-groupes observés se ressemblent pareillement. On peut supposer que les caractéristiques particulières des sables dits de la rivière Belus sont à l'origine d'une aussi surprenante homogénéité.

La question de la signification (ou de l'absence de signification) des sous-groupes de la figure 5 trouvera tout naturellement sa solution lorsqu'on disposera d'un bien plus grand nombre d'analyses de verres du groupe 3, découverts en Occident comme en Orient, ces analyses devant être faites dans les mêmes conditions (cf. note 6). Sans doute les interrogations précédentes sembleront-elles alors assez vaines (cf. chap. 7). C'est une des raisons pour lesquelles nous nous efforçons d'étendre les analyses des verres de ce groupe.

Il ne faut évidemment pas déduire d'un examen superficiel de la figure 4 que les sous-groupes A, B et C sont plus proches des groupes 4 et 11 que de Jalame. De fait les sables de ces deux derniers groupes sont fort différents de ceux du groupe 3 et de tous ses sous-groupes²⁰.

Notons enfin que ce sont probablement les sous-groupes A, B et C qui sont les plus marginaux, tant à l'intérieur du groupe 3, qu'à l'intérieur des productions syro-palestiniennes, bien que nous ignorions comment se situe précisément Jalame par rapport à l'ensemble de cette production, et particulièrement de sa fraction exportée. Mais le fait que les sous-groupes D, E, F et G réunis-

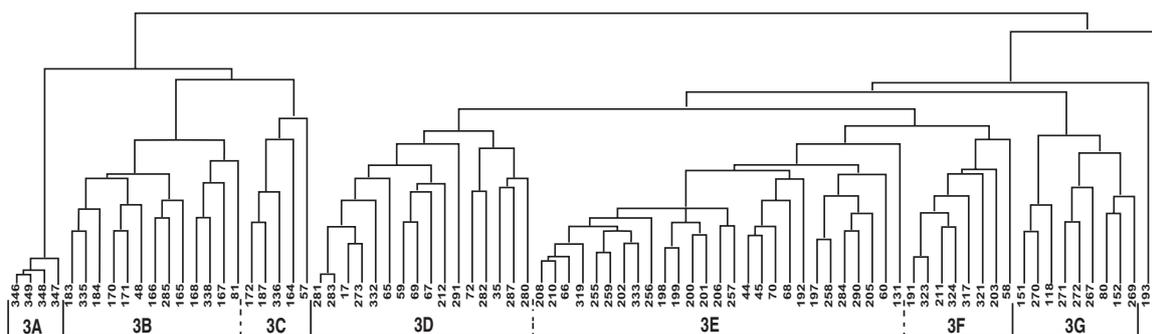


Fig. 5 — Classification par analyse de grappes des 84 exemplaires de verre du groupe 3 avec indication des numéros d'analyse et des principaux sous-groupes, repérés par les lettres de A à G.

¹⁸ Classification par analyse de grappes, en affinité moyenne non pondérée, sur variables centrées réduites relatives aux 8 constituants suivants : Na, K, Mg, Ca, Al, Fe, Si, Ti. On n'a pas retenu le manganèse qui est souvent rajouté comme décolorant ou colorant. Sur les exemplaires retenus pour la classification, voir note 6.

¹⁹ Le calcul de distance est celui qui est indiqué note 15.

²⁰ S'il n'existe en effet que peu de manières différentes d'être très proche d'un groupe, il y a en revanche une infinité de façons d'en être plus éloigné. Or la manière dont les sables des sous-groupes s'écartent des compositions des sables de Jalame n'a pas grand chose à voir avec la façon dont s'éloignent les groupes 4 et 11.

²¹ On peut ramener de 22 à 19 l'effectif des trois sous-groupes A, B et C, compte tenu du fait que les 4 exemplaires du groupe A proviennent d'une même trouvaille de blocs de verre (à Beaune, en France).

sent à eux seuls 60 exemplaires, alors que les sous-groupes A, B et C n'en comptent que 22 (et plus justement 19) va dans le même sens²¹. Cela n'impliquant pas, comme on l'a déjà dit, que l'origine des sous-groupes A, B et C soit différente de celle des sous-groupes D, E, F et G.

7. L'introduction des probabilités

En attendant qu'une série bien plus importante d'analyses de verres du groupe 3, retrouvés en Orient comme en Occident, permette de répondre sans ambiguïté aux questions soulevées précédemment (cf. chap. 6), on se propose de développer, sur un exemple concret, le type de raisonnement probabiliste implicite que supposent ces réponses. Il s'agit dans tous les cas de montrer que les ressemblances observées entre les compositions des exemplaires orientaux et occidentaux – à l'intérieur de l'ensemble du groupe 3, et à l'intérieur de l'un quelconque de ses sous-groupes – ne peuvent être dues au hasard. De telles ressemblances impliquant au contraire, et avec une très haute probabilité, l'utilisation d'un même sable.

On prendra pour exemple de cette approche probabiliste des déterminations d'origine les ressemblances que présentent les compositions moyennes des sables des 53 exemplaires syro-palestiniens de Jalame et des 84 exemplaires du groupe 3, aussi imparfaites que soient ces ressemblances²². On y ajoutera, à titre de comparaison, le cas de 8 exemplaires des ateliers primaires de Maréotide, en Égypte, qui forment le groupe 5.

Les 3 diagrammes de l'alumine et les 3 diagrammes de l'oxyde ferrique constituent la figure 6. Pour chacun de ces 2 constituants, le diagramme supérieur donne les limites, maximale et minimale, des concentrations moyennes des sables qui ont été rencontrées dans les ateliers primaires correspondant aux 12 groupes de composition des verres au natron recensés jusqu'ici (cf. chap. 2). Ainsi, pour l'alumine, les concentrations moyennes peuvent-elles varier de 1.19% (groupe 12) à 4.93% (groupe 8). Et pour l'oxyde ferrique, de 0.31% (groupe 12) à 2.84% (groupe 1), en l'état actuel de nos connaissances.

Les courbes qui délimitent le diagramme supérieur de l'alumine et celui de l'oxyde ferrique voudraient représenter, pour ces deux constituants, l'enveloppe de l'histogramme des concentrations moyennes de tous les sables auxquels les verriers pouvaient avoir accès, en Orient

comme en Occident. Cette courbe nous demeure largement inconnue, aussi l'avons-nous remplacée par un trait horizontal sur les diagrammes inférieurs et médians²³.

Partant de cette représentation simplifiée de l'histogramme des concentrations en alumine des sables susceptibles d'être rencontrés en Orient et en Occident, et des limites actuellement connues pour ces concentrations, on va chercher à déterminer la probabilité qu'il y a de rencontrer, par le seul fait du hasard, un sable dont le pourcentage moyen d'alumine soit aussi proche ou plus proche de celui du sable de Jalame, que l'est celui du groupe 3.

Cette probabilité est donnée, sur le diagramme médian, par le rapport de la surface du rectangle noir (tous les sables plus proches de Jalame que ceux du groupe 3) à la surface du rectangle représentant la totalité des sables utilisables dans les limites actuellement connues, soit $(3.29-3.09) / (4.93-1.19) = 0.05$. Le même calcul effectué dans le cas du groupe 5 donne 0.41, donc une probabilité 8 fois supérieure à la précédente.

Pour le fer, le schéma correspondant, sur la figure 6, donne des probabilités respectivement égales à 0.04 pour le groupe 3, et 0.51 pour le groupe 5.

Demandons-nous à présent quelle probabilité a-t-on de rencontrer – toujours par le seul fait du hasard – un sable dont les pourcentages d'alumine et de fer soient – l'un et l'autre – aussi proches, voire plus proches, de ceux du sable de Jalame, que le sont ceux du groupe 3. Il nous faut appliquer alors la règle des probabilités composées qui nous dit que la probabilité recherchée est égale à 0.05×0.04 , soit 0.002²⁴. Le même calcul effectué dans le cas du groupe 5 donne une probabilité de 0.41×0.51 , ou 0.209. Soit une probabilité 100 fois supérieure à la précédente.

En faisant intervenir d'autres constituants chimiques des sables, on arrive à la conclusion que la ressemblance qui existe entre le sable du groupe 3 et celui de Jalame peut très difficilement être fortuite, donc résulter d'un simple hasard²⁵. Cette ressemblance implique au contraire des relations géochimiques traduisant des situations de voisinage, ce que ne suggèrent point les compositions du groupe 5 servant de contre-exemple.

Il apparaît donc, au stade actuel des recherches, que tout concourt à assimiler les sables du groupe 3 avec ceux de Jalame, et par conséquent avec ceux de la rivière Belus (cf. chap. 5, et Brill 1988, p. 270-271).

Certes cette introduction des probabilités est nécessairement provisoire, du moins sous cette forme. Elle devrait prendre en effet des formulations plus accessibles et

²² Leur imperfection est due, pour Jalame, à la faible représentativité prévisible de cet atelier secondaire, par rapport à l'ensemble de la production syro-palestinienne, ce qui vaut aussi, mais peut-être à un moindre degré, pour le groupe 3 (voir note 7).

²³ Le remplacement, sur les diagrammes inférieurs et médians, des courbes relatives aux moyennes de l'alumine et de l'oxyde ferrique par une droite horizontale, ne paraît pas devoir entraîner de modification très profonde de la valeur relative des probabilités, tant celles-ci varient d'un groupe à un autre (Foy *et al.* 2000 b, p. 55-56) (la manière de calculer les probabilités diffère quelque peu, dans l'article cité, de celle qui est employée ici).

²⁴ La règle des probabilités composées suppose que les variables utilisées, c'est-à-dire les pourcentages moyens des différents constituants des sables, soient des variables indépendantes. Or ce n'est pas toujours le cas, ce qui exigerait qu'on en tienne compte dans le calcul des probabilités composées.

²⁵ Actuellement il nous faut nous limiter aux constituants principaux des sables, car on manque d'analyses de traces utilisables, pour le matériel de Jalame.

²⁶ Sur ces questions, les déclarations de principe ont peu d'intérêt. En revanche la collaboration des archéologues et des archéomètres avec les verriers

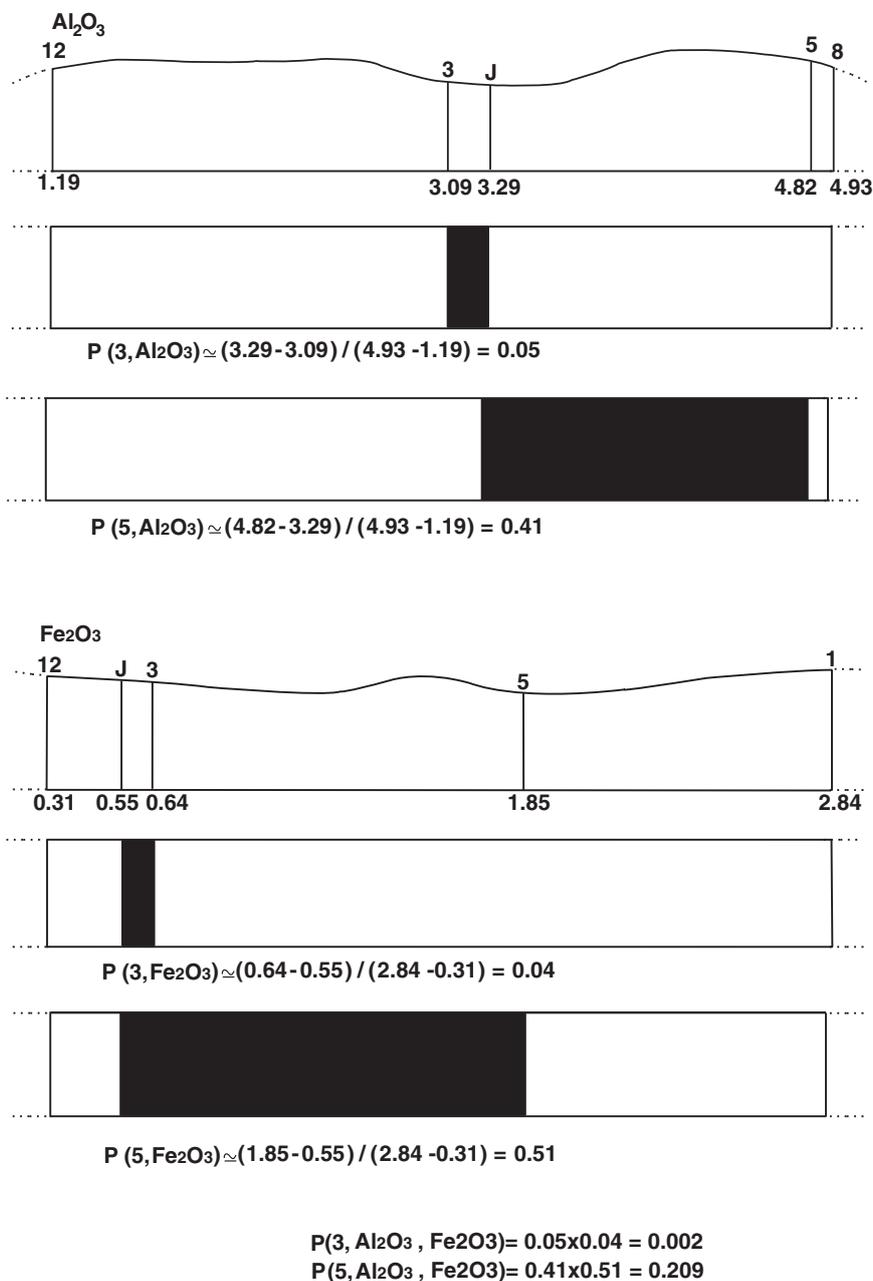


Fig. 6 — Deux groupes de 3 histogrammes (théoriques en position supérieure et simplifiés en position médiane et inférieure) des pourcentages en alumine et en oxyde ferrique de tous les sables auxquels les verriers pouvaient avoir accès, en Orient comme en Occident. En noir les verres dont les sables ont des pourcentages plus proches de Jalame que les sables du groupe 3 (histogrammes médians) et que les sables du groupe 5 (histogrammes inférieurs). Valeurs moyennes en alumine et en oxyde ferrique des sables du groupe de Jalame (J), des groupes 3 et 5, et (à droite et à gauche) valeurs limites fournies par les ateliers primaires orientaux. Indication des probabilités, simples ou composées, qu'on a de rencontrer des sables correspondant à la portion noire des histogrammes.

maniables, par le biais des classifications habituelles, dès lors qu'on disposera de suffisamment d'exemplaires orientaux et occidentaux du groupe 3, et qu'on pourra se passer des références par trop limitées de Jalame. Les comparaisons ne concerneront plus alors que les exemplaires orientaux et les exemplaires occidentaux, à l'intérieur du groupe 3, et à l'intérieur de ses sous-groupes.

8. Les principales objections

Il est normal que l'imperfection actuelle des calculs de probabilités – tenant aux insuffisances de l'échantillonnage – suscite un certain nombre de réserves et d'objections à l'encontre de l'origine proche-orientale des verres utilisés dans les ateliers secondaires occidentaux, à l'époque romaine et durant le haut Moyen Âge. En cela, l'historique des disciplines archéométriques reproduit avec le verre des situations qu'ont bien connues ceux qui travaillaient il y a un quart de siècle sur l'origine des céramiques. Nombreux étaient alors les céramistes de l'industrie ou des laboratoires qui doutaient de la possibilité de localiser des ateliers, d'après la composition de leurs argiles, soutenant que les ressemblances de composition étaient bien trop nombreuses pour qu'une telle opération soit réalisable, et qu'elle n'avait même aucun sens. Si plus personne n'oserait actuellement défendre de telles opinions pour les céramiques et les argiles, on voit ressurgir les mêmes affirmations pour les sables. Or sur ces questions il faut être clair. Les notions de ressemblance et de dissemblance sur lesquelles se fondent les déterminations d'origine sont des concepts géochimiques, dont l'application requiert des méthodes qui relèvent elles aussi de la géochimie. Mais il se trouve que ces concepts et ces méthodes sont, selon toute évidence, ignorés de la quasi-totalité des verriers, comme elles l'étaient des céramistes. Pourtant il faudrait, pour discuter de ces questions, parler le même langage et se servir des mêmes idées, si l'on veut s'entendre²⁶.

La discussion sur cette question ancienne et récurrente étant close, espérons-le, on rappellera les difficultés de nature psychologique, et/ou de l'ordre des connaissances, qui ont entravé pendant longtemps les recherches sur l'origine des verres (cf. note 1). On rappellera aussi l'existence de théories thermodynamiques cherchant à expliquer l'uniformité de composition des verres retrouvés en Occident, tout en les supposant originaires de nombreux ateliers primaires implantés dans ces régions, et en admettant de surcroît qu'ils auraient utilisé des sables locaux de compositions différentes. Ce sont des théories dont il ne

semble pas utile de débattre, tant elles s'opposent à toutes les observations faites sur les ateliers primaires orientaux (cf. note 9).

D'autres objections découlent de la mise en évidence, par l'analyse, de compositions inconnues jusqu'alors, parmi les verres au natron retrouvés en Occident. Découverte qui constituerait, si elle était avérée, un argument sérieux en faveur de l'existence d'ateliers primaires occidentaux.

Parfois, mais assez rarement il est vrai, il s'agit simplement d'erreurs d'analyse. Bien plus souvent, on a affaire à des erreurs dans le choix du matériel soumis à l'analyse. Le verre s'infiltrant aisément entre les briques des fours, primaires aussi bien que secondaires, ou s'étalant sur ces briques, il s'y charge de différents constituants empruntés au matériau avec lequel il se trouve en contact, le phénomène s'aggravant avec la fréquence et la durée des fusions. La composition du verre peut en être alors profondément modifiée²⁷. C'est ainsi qu'apparaissent de temps à autre des analyses de verres au natron qui n'évoquent rien de connu, et qui servent d'arguments en faveur de l'existence d'ateliers primaires occidentaux. Les exemples de ces faits ne sont pas rares, et devraient conduire à rejeter comme impropres aux recherches en laboratoire les coulures et les échantillons constitués de verre accumulé à l'intérieur de fentes. Dans les ateliers secondaires, seuls les verres travaillés devraient être retenus pour l'analyse, avec les blocs et éclats de verre brut importés et débités sur place (Foy *et al.* 2000b, p. 51-53).

Ajoutons enfin que des hésitations peuvent survenir, concernant la signification de certaines analyses, lorsqu'on se trouve en présence de mélanges dus à l'utilisation de verre de récupération. Mais les 4 groupes de verre au natron importés d'Orient ont des compositions suffisamment tranchées pour que le diagnostic de mélange soit souvent facile à faire²⁸.

9. L'artisanat verrier occidental

L'attribution aux ateliers primaires de Méditerranée orientale de la totalité des verres au natron qu'ont utilisé les ateliers secondaires d'Europe occidentale peut surprendre. D'autant que cette absence d'ateliers primaires occidentaux semble s'être maintenue près d'un millénaire, du 1^{er} siècle de notre ère, jusqu'aux IX^e-X^e siècles. Aussi peut-on s'interroger sur les raisons susceptibles d'expliquer que les verriers de nos régions aient continué aussi longtemps à se fournir en verre brut dans les pays riverains de la Méditerranée orientale, et qu'ils n'aient

pourrait se révéler des plus fructueuses, et même indispensable en certains cas, dans la mesure toutefois où les uns et les autres accepteraient de prendre en compte les connaissances et les idées de leurs partenaires.

²⁷ Parfois les compositions sont modifiées à un point tel que les verres sont devenus impossibles à travailler, dans les conditions de l'époque.

²⁸ D'autant qu'il ne s'agit pas alors de séries, et moins encore de véritables groupes. On notera toutefois qu'en Gaule l'existence de refusions de verres de récupération, au cours des premiers siècles de notre ère, est loin d'être évidente à l'analyse, et qu'elle demanderait à être examinée de près.

²⁹ Beaucoup d'incertitudes demeurent sur la chronologie de ces mutations, sur leur progression, sur l'existence éventuelle de phases de transition, *etc.*

³⁰ L'examen des blocs de verre brut syro-palestinien de couleur bleue de l'épave dite des Sanguinaires A (près d'Ajaccio en Corse) qui date de la fin

point cherché à produire eux-mêmes la matière vitreuse dont ils avaient besoin.

Ils ne le firent, semble-t-il, que lorsqu'ils remplacèrent les verres au natron orientaux, par des verres aux cendres, produits localement, peut-être à partir du IX^e siècle. Ce changement de matériau paraît s'être accompagné de l'apparition et du développement d'ateliers mixtes, primaires-secondaires, chacun fabriquant son verre à partir de cendres et de sable, et le transformant en vaisselle et autres objets manufacturés²⁹.

Aux périodes antérieures, on ne rencontre en Occident, au moins depuis le I^{er} siècle, que des verres au natron issus des ateliers primaires orientaux. Mais la part des importations orientales de verre brut a dû décroître au cours des siècles, par suite de l'importance grandissante du stock de verre brisé (le groisil ou calcin) pouvant alimenter les refusions. Toutefois on observe encore des importations de verre brut oriental, sans doute plus limitées, au VII^e ou VIII^e siècle (Foy *et al.* 1999 ; Foy *et al.* 2000a, p. 429 ; Foy *et al.* 2000b, p. 51-53 ; Foy, Picon 2000). La persistance de ces importations, jointe au fait qu'aucun atelier primaire de verre au natron n'a été retrouvé jusqu'ici en Occident, ni décelé par les analyses, confirme la dépendance orientale de l'artisanat verrier occidental, jusqu'à l'apparition des verres aux cendres.

Cette dépendance ne faisait d'ailleurs que reproduire en Occident le schéma artisanal qui existait en Orient. Dans les pays riverains de la Méditerranée orientale on observe en effet la même séparation entre les artisans qui produisent le verre brut, et ceux qui fabriquent les objets en verre (Gorin-Rosen 2000 ; Nenna *et al.* 2000). En Orient, ces deux catégories d'artisans verriers ont dû, par la force des choses, opérer souvent dans le même environnement, et à proximité les uns des autres. Mais il n'en demeure pas moins qu'on a affaire à des spécialisations artisanales bien différentes. Seule la seconde, celles des artisans qui façonnent le verre, a été implantée en Occident, sans doute à la suite d'un transfert d'artisans maîtrisant la technique du soufflage.

On comprend que les propriétaires, ou commanditaires, des verreries syro-palestiniennes aient trouvé dans cette opération de " délocalisation " un moyen propre à développer leur production. Cela supposait la mise en place d'un système de redistribution du verre brut dans les différentes régions d'Occident, à partir des ports méditerranéens, dont témoignent les épaves transportant des

blocs de verre brut, découvertes ici et là (Foy, Jézégou 1997 ; Foy *et al.* 2000b, p. 51-52 ; Foy *et al.* 2001c ; Foy, Nenna 2001 ; Moretti, Gratuze 2001). Les modalités de transport du verre brut par voie terrestre, comme celles de l'approvisionnement d'ateliers secondaires apparemment très dispersés, nous échappent pour une large part. Mais il n'y a dans ce réseau commercial rien de très surprenant, si l'on se réfère à des pratiques attestées pour de nombreux autres produits de l'Antiquité et de l'époque médiévale (Heers 1971, p. 203-345).

Au cours du temps, la dépendance des ateliers occidentaux vis-à-vis des ateliers primaires et des circuits commerciaux de Méditerranée orientale s'est probablement un peu relâchée, par suite des possibilités d'approvisionnement offertes par la refusion du verre brisé, ainsi qu'on l'a déjà signalé. Mais les importations de verre brut oriental ont dû rester longtemps nécessaires, voire indispensables, d'abord pour répondre à l'augmentation de la demande en verres manufacturés, et ensuite pour compenser les pertes occasionnées par la récupération toujours très incomplète du verre. Sans oublier l'intérêt porté à des verres colorés (vert olive, jaune sombre ou bruns), comme on l'observe du V^e au VII^e siècle avec les groupes 1 et 2 (cf. chap. 2).

On peut se demander aussi pour quelle raison des transports de sable de la rivière Belus et de natron d'Égypte n'auraient pu avoir lieu, et se substituer, en partie au moins, au commerce méditerranéen du verre brut. Sans doute peut-on imaginer que cette transformation de la production et de la commercialisation aurait entraîné de plus grandes difficultés, pour un bénéfice probablement moindre. Car les techniques de fabrication du verre dans les ateliers primaires du Proche-Orient y étaient très élaborées. Il est vrai que ce sont les productions tardives que nous connaissons le mieux (Gorin-Rosen 2000, p. 53). Celles-ci témoignent d'un niveau d'évolution technique surprenant, avec des fours susceptibles de produire en une seule fois des masses de verre brut de 8 à 12 tonnes. Mais ces procédés semblent fort anciens³⁰. Et ils paraissent bien trop lourds et bien trop complexes pour qu'on puisse envisager leur dissémination sur un territoire aussi vaste que l'Europe occidentale. D'autant que le transport du sable et du natron par voie de terre présente plus de difficulté que celui du verre brut. Mais on pourrait imaginer de tels ateliers dans des sites portuaires³¹.

Le développement en Occident, à partir du IX^e siècle, des ateliers mixtes primaires-secondaires, produisant et

du III^e siècle ou du début du III^e avant notre ère, montre que le procédé de fabrication utilisé ressemble fort à celui que nous connaissons pour l'époque byzantine. Ces procédés n'ont rien à voir avec ceux en usage dans les ateliers mixtes primaires-secondaires du monde occidental, à partir du IX^e siècle sans doute, qui sont beaucoup plus simples. On peut supposer en outre que leur développement en Occident a été facilité par le remplacement progressif, dans les ateliers secondaires, de la refusion du verre sur sole, par la refusion en creuset, sans doute à partir du III^e siècle (l'utilisation des creusets étant, comme chacun le sait, le procédé employé dans les ateliers mixtes primaires-secondaires).

³¹ Si c'était le cas, il n'y aurait évidemment aucun moyen de distinguer, d'après leur composition, le verre produit dans ces ateliers, des verres syro-palestiniens. Mais jusqu'à présent aucune découverte archéologique n'est venue confirmer cette hypothèse, à l'exception peut-être d'une trouvaille à Carthage, qui mériterait une étude approfondie.

³² En dehors de la construction et de l'utilisation de fours d'un type nouveau, empruntés sans doute à l'Orient.

travaillant des verres aux cendres, soulève d'autres interrogations. Et celle-ci d'abord : pourquoi fallut-il attendre si longtemps pour que se produise une transformation qui rompe les dernières attaches, avec l'Orient, des verriers occidentaux, et permette de substituer des matériaux locaux aux matériaux importés ?

Un premier élément de réponse réside dans l'ampleur des mutations techniques, économiques et sociales que supposent l'abandon des verres au natron en Occident, et l'adoption des verres aux cendres. Bien que ces verres paraissent avoir été, en Orient, au moins aussi anciennement connus que les verres au natron, l'implantation de cette technique dans les différentes régions du monde occidental dut soulever des problèmes d'adaptation difficiles³².

Pour ne prendre qu'un exemple, le choix des sables susceptibles d'être utilisés pour l'élaboration des verres aux cendres est bien plus restreint que celui des sables pouvant servir à la fabrication des verres au natron. Il n'aurait pas été possible, par exemple, de continuer à utiliser le sable de la rivière Belus pour fabriquer des verres aux cendres. Ses impuretés, indispensables pour apporter au verre les stabilisants dont le natron est dépourvu, peuvent, en s'ajoutant à celles des cendres végétales, rendre le verre impropre au façonnage³³. En Occident le problème a dû être d'autant plus préoccupant pour les verriers que le grand nombre des ateliers et leur dispersion les obligeaient à trouver des solutions nombreuses, ou de portée générale. Or si on ne sait pas grand chose sur les implantations des premiers ateliers occidentaux qui ont fabriqué des verres aux cendres, on se rend compte assez rapidement que les verriers ont préféré, afin d'éviter des compositions qui rendraient le verre impossible à travailler, n'utiliser avec les cendres que des sables très purs³⁴. Mais de tels sables ne se trouvent pas partout, ce qui implique des déplacements d'ateliers et une réorganisation de la production et de la commercialisation³⁵. Ce sont là des transformations qui se heurtent inévitablement à de multiples résistances, et demandent beaucoup de

temps pour se mettre en place. Ce qui peut expliquer, pour une part au moins, le remplacement tardif des verres au natron par les verres aux cendres, dans le monde occidental³⁶.

S'il fallut attendre longtemps pour que la fabrication des verres aux cendres se développe en Occident, c'est aussi que les verriers devaient trouver quelque avantage à la situation de relative dépendance qui était jusqu'ici la leur, situation où ils bénéficiaient d'un approvisionnement, partiel au moins, en verre au natron d'origine orientale (le reste étant fourni par les refusions). Et l'on peut se demander si ce n'est pas la disparition de l'ancien système ou son dysfonctionnement grave qui aurait provoqué un état de semi-pénurie, et aurait précipité des mutations devenues inévitables.

On doit à Henri Pirenne la première tentative d'explication des phénomènes ayant pu conduire au remplacement en Occident des verres au natron par les verres aux cendres (Pirenne 1937). L'historien belge pensait que c'était la désorganisation du commerce maritime en Méditerranée orientale, provoqué par l'extension de la conquête arabe, qui pouvait être à l'origine de ces mutations. Cette désorganisation aurait eu pour conséquence d'interrompre l'arrivée du natron en Occident et de provoquer son remplacement par les cendres végétales.

On ignorait alors que le natron n'avait pas été exporté en Europe occidentale et que c'était le verre brut qui l'avait été, à destination des ateliers secondaires. Mais l'explication proposée peut s'appliquer de la même manière au verre brut et au natron.

En revanche, on sait maintenant, grâce aux découvertes archéologiques, que le commerce avec la Méditerranée orientale n'a pas connu la rupture dont Henri Pirenne avait supposé l'existence, et qu'il était toujours actif au VIII^e siècle (Bonifay 2000 ; Foy, Picon 2000 ; Mirti *et al.* 2000 ; Mirti *et al.* 2001). Il fallait donc trouver une autre explication au remplacement des verres au natron par les verres aux cendres. Ce phénomène semble d'ailleurs assez étrange, car on l'observe également en Syrie-

³³ On connaît d'ailleurs en Orient, au IX^e siècle semble-t-il, une expérience avortée d'utilisation du sable de la rivière Belus avec des cendres végétales qui devait conduire à la perte d'une charge de verre de plus de 8 tonnes (Brill 1967 ; Freestone *et al.* 2000, p. 69-71). Malgré cela on imaginerait volontiers qu'un remplacement des verres au natron par les verres aux cendres devrait soulever moins de problèmes en Orient qu'en Occident, car il n'impliquerait pas de transformations aussi profondes, l'activité des ateliers secondaires pouvant, par exemple, se poursuivre dans les mêmes lieux, et dans des conditions presque identiques. Or on verra, un peu plus loin, que ce ne fut certainement pas le cas en Occident.

³⁴ Les sables très purs étant en revanche impropres à la fabrication des verres au natron, par suite d'un manque de stabilisants (cf. chap. 5).

³⁵ À défaut de sables très purs, les verriers ont parfois été amenés à utiliser des galets de quartz broyés.

³⁶ Une autre transformation de l'artisanat verrier occidental, qui accompagne l'apparition et le développement des verres aux cendres, est l'abandon assez systématique des sites verriers de l'Antiquité, en grande majorité de type urbain, et la création de nombreuses verreries forestières (Foy 2000). On considère généralement que l'implantation des verreries en forêt s'explique par une consommation en bois des ateliers mixtes, primaires-secondaires, de l'époque médiévale, plus élevée que celle qu'exigeaient les ateliers secondaires de l'Antiquité, lesquels ne faisaient que transformer le verre, mais n'en fabriquaient pas la matière. C'est une explication qu'on peut effectivement retenir, ce qui ne signifie pas qu'elle soit la seule, ni la plus importante. On observe en effet que nombre de forêts où sont implantées les verreries médiévales et postmédiévales se trouvent sur des formations du sidérolithique, qui renferment des niveaux de sables très purs. On peut donc se demander si ce ne serait pas cette caractéristique là qui aurait attiré les verriers. D'ailleurs, au faciès sidérolithique correspondent le plus souvent des sols très pauvres, peu propices à l'agriculture, et abandonnés à la forêt. Mais ce sont aussi des formations riches en argile réfractaire et en minerais de fer, d'où l'association fréquente, dans ces régions, des verriers, des métallurgistes et des potiers. Ces complexes artisanaux et l'environnement géologique des verreries médiévales et postmédiévales devraient sans doute faire l'objet de recherches méthodiques, probablement fort instructives pour la compréhension de la production verrière de l'Europe occidentale.

³⁷ La persistance en Syrie-Palestine de ces très grands fours produisant chacun près d'une dizaine de tonnes de verre aux cendres, conduit à s'interroger sur l'exportation éventuelle en Occident de verre de ce type (phénomène sans doute limité, s'il a jamais existé, mais encore faudrait-il l'étudier).

Palestine, et même en Égypte, à peu près à la même époque (Gratuze, Barrandon 1990, p. 162, et 1991 ; Freestone *et al.* 2000, p. 70 ; Gorin-Rosen 2000, p. 55-56). Les verres aux cendres y prennent aussi le relais des verres au natron, dans des proportions encore mal définies, en conservant toutefois pour les verres aux cendres des structures de production antérieures, et notamment les très grands fours déjà signalés pour les verres au natron (Brill 1967 ; Gorin-Rosen 2000, p. 53)³⁷.

Aussi en vient-on à se demander si l'origine de toutes ces transformations ne résiderait pas dans une diminution extrêmement importante de la production du natron en Égypte. On a évoqué pour cela différentes possibilités, comme une augmentation de l'insécurité due aux tribus nomades, ou d'autres causes plus politiques. Mais on aurait peut-être tort de négliger, dans cette diminution de l'exploitation du natron, les causes climatiques (Picon 2001a, p. 26). On sait en effet que le Sahara a connu une période plus humide vers les VIII^e-X^e siècles qui semble avoir eu, notamment, une influence décisive sur le développement du commerce transsaharien. Or on imaginerait

volontiers, compte tenu des caractéristiques de l'exploitation des lacs du Wadi Natrun en Égypte, qu'il suffirait d'un régime un peu plus humide pour rendre difficile la cristallisation du natron, et réduire très fortement sa production. C'est en tout cas une hypothèse qu'il conviendrait d'examiner soigneusement.

On multiplierait sans peine les observations et les remarques que peuvent susciter le commerce du verre brut en Méditerranée et le remplacement en Occident des verres au natron par les verres aux cendres. Celles qui ont été faites ici semblent toutefois comprendre des éléments de réflexion et des directions de recherche qu'il faudrait approfondir, pour être à même d'écrire un jour l'histoire des techniques verrières à l'époque romaine et durant le haut Moyen Âge. Cette histoire aurait tout intérêt à s'écarter des perspectives très limitées du façonnage des objets, auxquelles on la réduit habituellement, pour aborder des questions plus importantes et surtout moins anecdotiques, qui seraient celles d'une véritable histoire des techniques.

Bibliographie

- Bonifay (M.) 2000, " La fin du grand commerce méditerranéen en royaume franc ? Le témoignage de la céramique ", in *Les échanges au Moyen Âge, Dossiers de l'Archéologie* 256, 2000, p. 36-39.
- Brill (R.H.) 1967, " A Great Glass Slab from Ancient Galilee ", *Archaeology* 20, 1967, p. 88-95.
- Brill (R.H.) 1988, " Scientific Investigation of Jalame Glass and Related Finds ", in Weinberg (G.D.), ed., *Excavations at Jalame, Site of Glass Factory in Late Roman Palestine*, Columbia, 1988, p. 257-294.
- Empereur (J.-Y.), Picon (M.) 1998, " Les ateliers d'amphores du Lac Mariout ", in *Commerce et artisanat dans l'Alexandrie hellénistique et romaine, Actes du Colloque d'Athènes, 1988, BCH suppl. 33*, 1998, p. 75-91.
- Forbes (R.J.) 1966, *Studies in Ancient Technology* V, Leyde, 1966.
- Foy (D.) 1988, *Le verre médiéval et son artisanat en France méditerranéenne*, Paris, 1988.
- Foy (D.) 2000, " Technologie, Géographie, Économie / Les ateliers de verriers primaires et secondaires en Occident / Esquisse d'une évolution de l'Antiquité au Moyen Âge ", in Nenna (M.-D.) éd., *La route du verre (Lyon 1997), Travaux de la Maison de l'Orient* 33, Lyon, 2000, p. 147-170.
- Foy (D.), Jézégou (M.-P.) 1997, " Une épave chargée de lingots et de vaisselle de verre ", *Verre* 3/3, 1997, p. 65-70.
- Foy (D.), Nenna (M.-D.) 2001, " Et vogue le verre ! " in Foy (D.), Nenna (M.-D.), *Tout feu tout sable : Mille ans de verre antique dans le Midi de la France, cat. exp. Marseille, Aix-en-Provence*, 2001, p. 100-112.
- Foy (D.), Nenna (M.-D.), Picon (M.), Vichy (M.) 1999, " Archéométrie, Archéologie et Histoire du verre : études en cours ", *Bulletin de l'AFAV* 1999, p. 18-19.
- Foy (D.), Nenna (M.-D.), Picon (M.), Vichy (M.) 2001c, " Rencontres de l'AFAV / Ateliers de verriers antiques : un état de la question ", *Verre* 7/2, 2001, p. 66-71.
- Foy (D.), Picon (M.) 2000, " L'art du verre en Occident dans l'Antiquité et le haut Moyen Âge : Un artisanat dépendant ", in *Les échanges au Moyen Âge, Dossiers de l'Archéologie* 256, 2000, p. 40-41.
- Foy (D.), Picon (M.), Vichy (M.) 2000a, " Les matières premières du verre et la question des produits semi-finis. Antiquité et Moyen Âge ", in *Arts du feu et productions artisanales, XX^e Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, Antibes, 2000, p. 419-432.
- Foy (D.), Vichy (M.), Picon (M.) 2000b, " Lingots de verre en Méditerranée occidentale (III^e siècle av. J.-C. – VII^e siècle ap. J.-C.). Approvisionnement et mise en œuvre. Données archéologiques et données de laboratoire ", *Annales AIHV* 14 (Venise-Milan 1998), Amsterdam, 2000, p. 51-57.
- Foy (D.), Picon (M.), Vichy (M.) sous presse, " Verres ommeyades et abbassides d'origine égyptienne : les témoignages de l'archéologie et de l'archéométrie ", *Annales AIHV* 15 (New York – Corning 2001), sous presse.
- Foy (D.), Picon (M.), Vichy (M.), Thirion-Merle (V.), " Caractérisation des verres de l'Antiquité tardive en Méditerranée occidentale : l'émergence de nouveaux courants commerciaux ", dans ce volume.
- Freestone (I.C.) 1994, " Appendix : Chemical analysis of 'Raw' glass fragments ", in Hurst (H.R.),

- Excavations at Carthage, II, 1 : The Circular Harbour, North Side*, Oxford, 1994, p. 290.
- Freestone (I.C.), Gorin-Rosen (Y.), Hughes (M.J.) 2000, " Primary Glass from Israel and the Production of Glass in Late Antiquity and the Early Islamic Period ", in Nenna (M.-D.) éd., *La route du verre (Lyon 1997), Travaux de la maison de l'Orient* 33, Lyon, 2000, p. 65-83.
- Gorin-Rosen (Y.) 2000, " The Ancient Glass Industry in Israel / Summary of the Finds and New Discoveries ", in Nenna (M.-D.) éd., *La route du verre (Lyon 1997), Travaux de la maison de l'Orient* 33, Lyon, 2000, p. 49-63 et photos-couleur 6 à 9.
- Gratuze (B.), Barrandon (J.-N.) 1990, " Islamic weights and stamps : analysis using nuclear techniques ", *Archaeometry* 32.2, 1990, p. 155-162.
- Gratuze (B.), Barrandon (J.-N.) 1991, " Caractérisation par des méthodes d'analyses nucléaires de la technologie de fabrication des poids monétaires et des estampilles islamiques en verre ", in *Technique et Science / Les arts du verre, Actes du Colloque de Namur 1989*, Namur, 1991, p. 39-56.
- Heers (J.) 1971, *Gênes au XV^e siècle*, Science Flammarion, 1971 (EPHE 1961).
- Mirti (P.), Lepora (A.), Saguì (L.) 2000, " Scientific analysis of seventh-century glass fragments from the Crypta Balbi in Rome ", *Archaeometry* 42.2, 2000, p. 359-374.
- Mirti (P.), Davit (P.), Gulmini (M.), Saguì (L.) 2001, " Glass fragments from the Crypta Balbi in Rome : the composition of eight-century fragments ", *Archaeometry* 43.4, 2001, p. 491-502.
- Moretti (C.), Gratuze (B.) 2001, " Lingotti, blocchi informi e rottami di vetro destinati alla rifusione, rinvenuti nelle navi naufragate in Mediterraneo (III secolo a.C.-III secolo d.C.) ", *Actes du 2^e Colloque multidisciplinaire sur le verre en Italie méridionale et insulaire, Naples, Décembre 2001* (à paraître).
- Nenna (M.-D.), Picon (M.), Vichy (M.) 2000, " Ateliers primaires et secondaires en Égypte à l'époque gréco-romaine ", in Nenna (M.-D.) éd., *La route du verre (Lyon 1997), Travaux de la maison de l'Orient* 33, Lyon, 2000, p. 97-112, photos-couleur 14 à 19.
- Nenna (M.-D.), Vichy (M.), Picon (M.) 1997, " L'atelier de verrier de Lyon du 1^{er} siècle après J.-C. et l'origine des verres romains ", *Revue d'Archéométrie* 21, 1997, p. 81-87.
- Picon (M.) 2001a, " Le verre un des premiers matériaux de synthèse ", in Foy (D.), Nenna (M.-D.), *Tout feu tout sable : Mille ans de verre antique dans le Midi de la France, cat. exp. Marseille, Aix-en-Provence 2001*, p. 21-31.
- Picon (M.) 2001b, " La révélation des analyses " in Foy (D.), Nenna (M.-D.), *Tout feu tout sable : Mille ans de verre antique dans le Midi de la France, cat. exp. Marseille, Aix-en-Provence, 2001*, p. 32-33.
- Pirenne (H.) 1937, *Mahomet et Charlemagne*, Paris, Bruxelles, 1937, rééd. 1992.
- Pline l'Ancien, *Histoire naturelle*, XXXVI, traduction R. Bloch, Les Belles Lettres, Paris, 1981.
- Rehren (T.) 2000, " Rationales in Old World Base Glass Compositions ", *Journal of Archaeological Science* 27, 2000, p. 1225-1234.
- Stern (E.M.), Schlick Nolte (B.) 1994, *Early Glass of the Ancient World, 1600 BC-AD 50 : Ernesto Wolf Collection*, Ostfildern, 1994.
- Turner (W.E.S.) 1956, " Studies in Ancient Glasses and Glassmaking Processes, Part III, The Chronology of the Glassmaking Constituents ", *Journal of the Society of Glass Technology* 40, 1956, p. 39T-52T.
- Velde (B.) 1990, " Alumina and calcium oxide content of glass found in Western and Northern Europe, first to ninth centuries ", *Oxford Journal of Archaeology* 9.1, 1990, p. 105-117.
- Weinberg (G.D.) ed. 1988, *Excavations at Jalame, Site of Glass Factory in Late Roman Palestine*, Columbia, 1988.