

# Le verre des vitraux de la Sainte-Chapelle (1243-1248) : l'apport des analyses

Sophie LAGABRIELLE<sup>1</sup>, Bruce VELDE<sup>2</sup>

*mots-clés : verre plat, vitrail, composition chimique, Sainte-Chapelle, Ile-de-France, Normandie, ateliers, chantier de production de verre.*

Combinées à l'histoire matérielle du verre, étayées par des sources historiques, les sciences dites dures sont susceptibles d'apporter des indices très pointus sur un chantier de vitrerie. Cette étude pourrait en être le reflet.

Est-il nécessaire de rappeler que la Sainte-Chapelle n'est pas un monument comme les autres. Conçue comme un monumental reliquaire de pierre et de verre percé de quinze baies de quinze mètres de haut et d'une rose occidentale, elle totalise de l'ordre de 660 m<sup>2</sup> de verre. Or, le chantier de construction s'est déroulé dans un temps très réduit. De 1239 à 1242, Louis IX acquiert les reliques de la Passion et, pour les abriter dignement, programme la construction d'une nouvelle chapelle. En 1244, une bulle d'Innocent IV en faveur de la Sainte-Chapelle mentionne les travaux en cours. La première charte de fondation nous apprend que, dès 1246, le roi cherche à assurer financièrement l'entretien de la vitrerie. C'est le 26 avril 1248 qu'a lieu la cérémonie solennelle de consécration de l'édifice, le roi peut prendre la croix vers la Terre Sainte. En résumé, le chantier s'est étalé sur environ cinq années, entre 1243 et 1248.

In situ, la Sainte-Chapelle a perdu un tiers de sa vitrerie. Pour diverses raisons, en 1859, au terme de la grande restauration du XIX<sup>e</sup> siècle, trente panneaux ont été déposés au musée de Cluny qui dépendait alors de la Commission des Monuments historiques (fig. 1). C'est à partir de ce petit ensemble qu'a commencé notre investigation. Les analyses menées sur la collection de vitraux du musée de Cluny (campagne de restauration 2000-2005) ont permis de recueillir pour la Sainte-Chapelle, un ensemble de soixante-dix références auxquelles se sont ajoutés, entre 2000 et 2014, de nouveaux prélèvements de la chapelle royale et ceux de vingt autres sites<sup>3</sup>. C'est de 2013 à 2014 qu'il a été procédé à l'analyse des éléments mineurs.

Compte tenu des masses à produire, le verre des vitraux ne peut être produit au pied de la cathédrale ou de la chapelle, le producteur de verre plat s'implante au cœur des massifs forestiers et le verre garde trace de cette provenance. L'étude des compositions de verre des vitraux est un moyen de pénétrer le système de production.

## Notes

**1** Musée de Cluny, musée du Moyen Age, 6 place Paul Painlevé, 75005 Paris

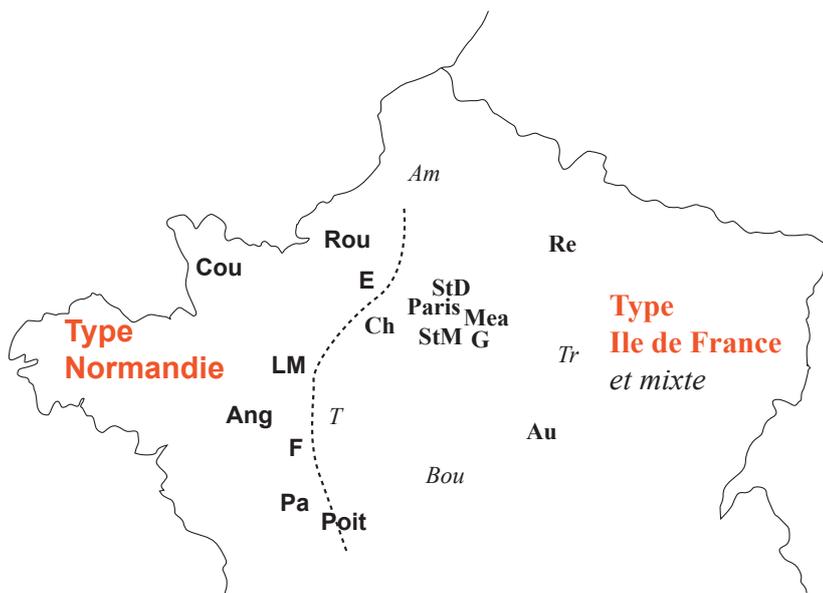
**2** Laboratoire de Géosciences, UMR 8538, Ecole Normale Supérieure, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, bvelde@noos.fr

**3** Ang : Angers (BV) ; Am : Amiens (BV) ; Au : Autun (BV) ; Bou : Bourges (BV) ; Chartres (Brill, BV) ; Cou : Coutances (Perez Yorba, Bettembourg) ; E : Evreux (BV) ; F : Fontevault (BV) ; G : Gercy (BV) ; LM : Le Mans (Perez Yorba, Bettembourg) ; Mea : Meaux (BV) ; Pa : Parthenay (BV) ; Paris (BV) ; Poit : Poitiers (BV) ; Re : Reims (BV) ; Rou : Rouen (BV) ; StD : Saint Denis (BV) ; StM : Saint Maur (BV, Brill) ; T : Tours (Strepenich, Li-bourel) ; Tr : Troyes (BV).



**Fig. 1** Paris, Sainte-Chapelle, *Samson et le lion*, panneau détaché, Paris, Musée de Cluny, inv. Cl. 23723.

(© Franck Raux)



**Fig. 2** carte des répartitions entre verres d'Île-de-France et de Normandie dans l'ensemble du royaume de France.

Les sites analysés (XII<sup>e</sup>-XIV<sup>e</sup> siècles) sont Am : Amiens ; Ang : Angers ; Au : Autun ; Bou : Bourges ; Ch : Chartres ; Cou : Coutances ; E : Evreux ; G : Gercy ; F : Fontevrault ; Mea : Meaux ; LM : Le Mans ; Pa : Parthenay ; Paris ; Poit : Poitiers ; Re : Reims ; Rou : Rouen ; StD : Saint-Denis ; StM : Saint-Maur ; T : Tours ; Tr : Troyes.  
(© B. Velde)

### 1) L'apport des éléments majeurs : deux recettes de verre

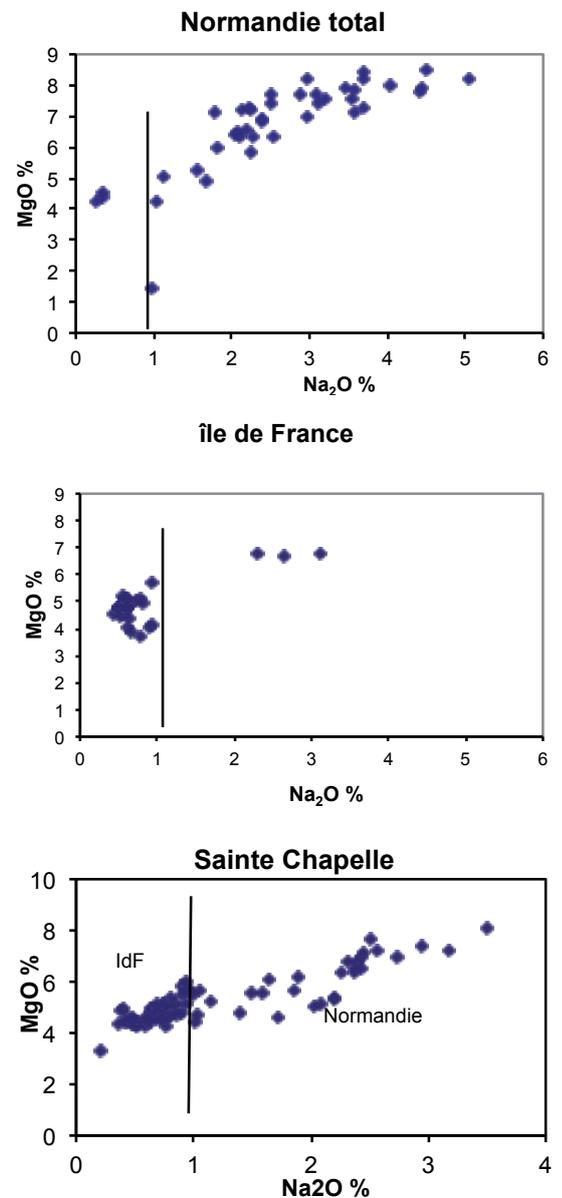
À partir de l'ensemble de données en provenance du territoire français, deux types de compositions ont pu être identifiées, l'une définie comme francilienne, l'autre comme normande, et des aires de rayonnement dans le royaume commencent à se dessiner (voir la carte, **fig. 2**).

Les caractéristiques du verre médiéval d'Île-de-France ont été établies à partir des vitraux de l'abbaye de Gercy (Essonne), datés de 1230 environ, de nos jours conservés à Cluny. Ces verres se révèlent à forte teneur en chaux (CaO autour de 15 %), et riches en magnésie (MgO au dessus de 4%) ; ils comprennent moins de 1,5 % de soude (Na<sub>2</sub>O) (**fig. 3**).

Le verre normand a été reconnu à partir des vitraux de Rouen. De composition très semblable à celui d'Île-de-France, il s'en différencie par une haute proportion en soude (Na<sub>2</sub>O) (de 1,5 % à 6 %) et un plus fort taux de magnésie (**fig. 3**). En Normandie, le magnésium - qui est l'un des éléments apportés par le bois - se présente avec un taux plus élevé et dans une distribution plus éparpillée, sans doute parce que les verriers utilisent une nature de bois qui est plus chargée en MgO<sup>4</sup>. On s'aperçoit qu'à un taux élevé de magnésie, correspond un taux élevé de soude (Na<sub>2</sub>O) (de 4 à 9 %). C'est la preuve que les Normands ont cherché, par l'ajout de sel (NaCl), à contrecarrer le haut degré de fusion (1500° C) qu'impose le magnésium. Sachant que le sodium est absent des cendres de bois, on en conclut que l'apport de sel est délibéré. Apporter du sel requiert un vrai savoir-faire car l'excès de chlorure risque de provoquer des bouillons et la formation de bulles. Or, le tableau montre que les proportions de magnésium et de sodium restent stables (**fig. 3**). Précises et constantes, puisque perpétuées du XII<sup>e</sup> au XIV<sup>e</sup> siècle, les recettes semblent se transmettre et se conserver à l'intérieur d'un groupe de verriers, probablement restreint, peut être familial, et apparemment replié sur son territoire.

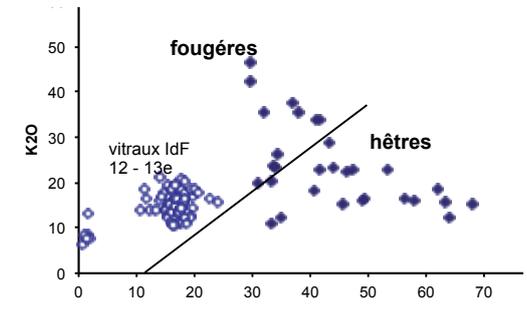
#### Note

4 D'après Héraclius, il est fait usage de différentes cendres dont celles des faines, ou fruits du hêtre.



**Fig. 3** Teneur des composants majeurs (pourcentage en poids de MgO et de Na<sub>2</sub>O) des verres d'Île-de-France, de Normandie, des vitraux de La Sainte-Chapelle, du verre rosé à La Sainte-Chapelle. (© B. Velde)

Le second acquis de cette série d'analyses est la reconnaissance, à la Sainte-Chapelle, de deux types de verre (Normandie, Île-de-France, **fig. 3**). Dans le verre francilien, un groupe à la composition très resserrée se détache. Il correspond au verre de teinte rosée utilisé pour les carnations (visages, mains...). Obtenue par ajout de manganèse - un élément particulièrement délicat à stabiliser au moment de la cuisson -, cette composition nécessite un «tour de main» spécifique de la part du verrier. Il semble donc qu'un atelier - d'Île-de-France - se soit distingué par la qualité de ce verre de couleur d'une fabrication très subtile (**fig. 4**). Or, à l'intérieur d'une même verrière, d'un même panneau de vitrail, les verres de types normand et francilien coexistent. Comme si le peintre-verrier ne se souciait pas de l'atelier de verrerie



**Fig. 5** Teneurs en chaux et potasse (pourcentage en poids de  $\text{CaO}$  et de  $\text{K}_2\text{O}$ ), contenues dans les cendres végétales de hêtres et de fougères, et dans les verres de vitraux de La Sainte-Chapelle. (© B. Velde)

**Fig. 4** Paris, Sainte-Chapelle, baie de Josué (© S. Lagabrielle)

dont son verre provient. Il sait apprécier le verre à base de manganèse fabriqué dans un atelier d'Île-de-France, il est sensible au rendu des couleurs, mais que le verre ait été produit par des verriers de la région ou par des verriers d'une autre contrée ne le concerne pas. Cette donnée éclaire notre connaissance sur la circulation du verre plat en tant que matière première. Les peintres-verriers n'ont sans doute pas de contacts directs avec les producteurs, ils se tournent vers des fournisseurs attirés établis en ville qui leur servent d'intermédiaires.

## 2) L'apport des éléments mineurs : un même lieu de fabrication

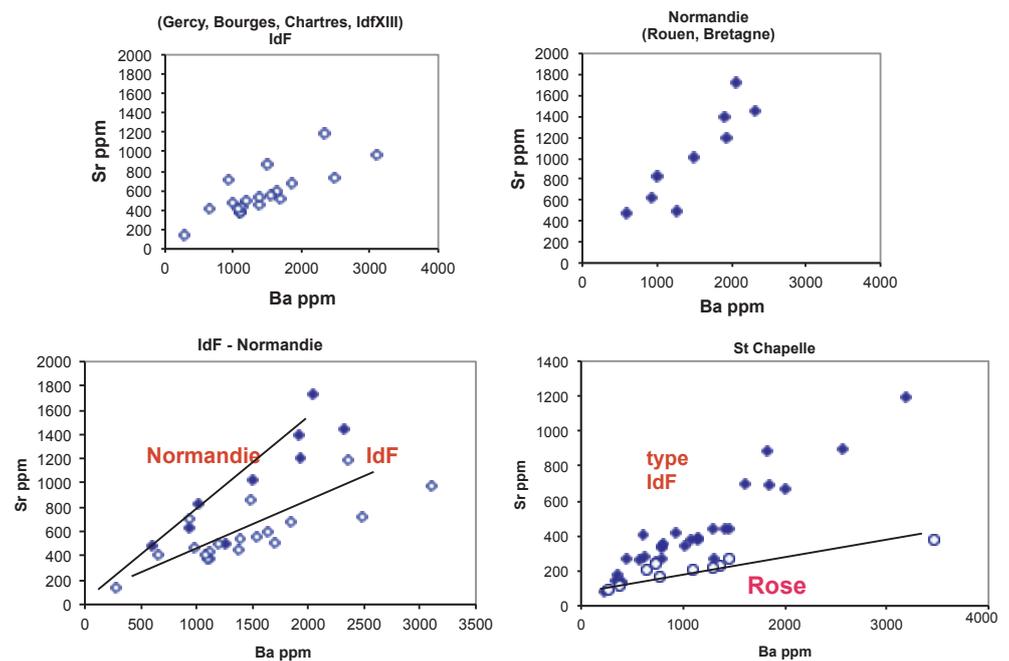
Pour abaisser le taux de fusion de leur matière, les verriers ont ajouté des cendres végétales. Dans son traité, le moine Théophile préconise l'emploi de cendres de bois (recette germanique) ; les cendres de hêtres apportent du calcium. Héraclius ou maître Gobert (Compte de la Fontaine du Hou, Normandie, 1302, BnF, Lat. 17010) parlent de cendres de bois et de cendres de fougères. Et, en effet, les analyses montrent que les verriers d'Île-de-France et de Normandie ont, de façon très contrôlée, mêlé aux cendres de hêtres chargées en chaux, celles de fougères riches en potasse (fig. 5). L'équilibre maintenu entre la chaux et la potasse révèle une égale proportion entre les deux types de cendres. C'est le signe que les verriers assurent une parfaite maîtrise de leurs dosages. L'étude s'est récemment poursuivie par l'analyse des éléments mineurs, non plus à la recherche de la nature même du verre mais de l'origine du sol sur lequel il a été produit. Les arbres croissent sur un terrain dont ils pompent les minéraux, ils s'imprègnent donc des spécificités géologiques du sous-sol. Composant majeur du sous-sol, le calcium ( $\text{CaO}$ ) se retrouve à plus de 16 % dans le bois et les cendres de bois. Et, géo-chimiquement associés au calcium et au magnésium, les éléments mineurs que sont le baryum et le

strontium deviennent des marqueurs du sol dont ils sont issus (fig. 6). En ce qui concerne les compositions d'Île-de-France et de Normandie, la relation entre le baryum et le strontium s'est révélée constante et distincte. Pour une même quantité de baryum, il y a toujours plus de strontium en Normandie qu'en Île-de-France.

Or, lorsqu'on étudie ce rapport pour les verres de la Sainte-Chapelle, une seule tendance dans la distribution de baryum et de strontium se dessine, l'ensemble des points se regroupe dans la zone donnée comme francilienne. Il nous faut conclure que TOUS les bois utilisés pour les verres de la Sainte-Chapelle proviennent d'une même forêt d'Île-de-France. On remarquera qu'à l'intérieur de ce groupe francilien, se distingue toujours légèrement le verre à base de manganèse (fig. 6). De toute évidence, pour ce projet de construction, les verriers normands ont été « délocalisés » à la demande du roi. Venus œuvrer dans une des forêts qui entourent Paris, ils ont continué à pratiquer leur propre recette (utilisation d'une variété de bois riche en magnésium, ajout de sodium).

La carte de l'activité verrière en Île-de-France et dans le Valois au XIII<sup>e</sup> siècle est mal connue. Aucun nom d'atelier n'est signalé au XIII<sup>e</sup> siècle mais une certaine activité verrière a été repérée au cours du Moyen Âge dans le Valois (fours de Venette, actif au XII<sup>e</sup> siècle, le Four d'En-Haut de La Fortelle et Vieux-Moulin, cités aux XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles), dans la forêt de Cuise, dans le Vexin français (Avernes, XIV<sup>e</sup> siècle), et dans la forêt de Chevreuse (lieu-dit du Mesnil-Saint-Denis, XIV<sup>e</sup> siècle ; d'ap. Philippe, 1998, 41-42). Cependant, aucun lien n'a pu être établi entre une verrerie forestière médiévale et les vitraux d'un édifice gothique parisien.

Si ces analyses nous permettent de mieux cerner les fondants à base de cendres de bois, il reste à connaître l'origine du sable. Cette étape a été programmée pour 2015, avec l'espoir de confirmer les données apportées par l'analyse des éléments mineurs (Ba, Sr).



**Fig. 6** Distribution du baryum et du strontium (Ba, Sr en poids atomique par million) dans les verres d'Île-de-France, les verres de Normandie, les verres des vitraux de La Sainte-Chapelle dont le verre rose. (© B. Velde)

### Conclusion

Pour vitrer la Sainte Chapelle, le temps a compté (cinq ans maximum). Le roi n'a pu que se tourner vers les meilleurs fabricants de verre plat de son époque. Devant les considérables besoins en verre nécessaire à son projet, il a embauché les verriers franciliens mais également des verriers appelés de Normandie. Il a mobilisé des verriers de deux traditions régionales distinctes, et les a rassemblés dans un des massifs forestiers d'Île-de-France qui lui appartient et qu'il réserve traditionnellement à l'activité des fours à verre.

La fabrication de verre plat ne s'improvise pas. À l'inverse du verre creux moins « dévoreur » en combustible, l'intégralité de la technique (production, façonnage) est aux mains de spécialistes installés dans les massifs forestiers. D'après les analyses, les verriers - un petit milieu - élaborent des recettes, et se les transmettent. La vingtaine d'analyses opérées sur des vitraux de la France du Nord-Centre-Ouest prouvent que du XII<sup>e</sup> au XIV<sup>e</sup> siècle, les lieux de production de verre plat restent stables. Les ateliers ne se déplacent pas, c'est le produit qui voyage, les plateaux de verre semblent rejoindre les centres urbains, sans qu'il y ait de communication directe entre les « transformateurs » (peintres-verriers) et les producteurs (verriers).

Mais, travailler pour un gros client comme le roi, peut créer des conditions particulières. Dans le cas du chantier royal de la Sainte-Chapelle, le commanditaire a ouvert ses propres domaines boisés, afin de placer les producteurs au plus près des sources de combustibles. Puis il s'est chargé de la livraison des verres vers la capitale. Le chantier de la Sainte-Chapelle ne représente qu'une étape dans l'organisation d'un artisanat déjà très structuré. La verrerie en plat du royaume au milieu du XIII<sup>e</sup> siècle apparaît déjà en pleine possession de ses moyens.

### Bibliographie

- Brill 1999** : Brill (R. H.) : "Chemical analyses of early glass", *Corning museum of glass*, Vol II, New York, 1999.
- Dodwell 1961** : Dodwell (C. R.) : *Theophilus, the Various Arts*. Traduction, introduction et notes, Londres-New York 1961.
- Héraclius 1849** : Héraclius : *De coloribus et artibus romanorum*, publié par Merrifield (M. P.), *Original treatises, dating from the XII<sup>th</sup> to XVIII<sup>th</sup> centuries on the arts of painting*, Londres, 1849.
- Léniaud Perrot 1991** : Léniaud (J.-M.), Perrot (F.) : *La Sainte-Chapelle*, Paris, 1991.
- Philippe 1998** : Philippe (M.) : *Naissance de la verrerie moderne*, Turnhout, 1998.
- Lagabrielle, Velde 2002-2003** : Lagabrielle (S.), Velde (Br.) : « Le verre dans le vitrail. Analyse des vitraux du XIII<sup>e</sup> siècle de la collection du musée national du Moyen Age », *Bull AFAV*, 2002-2003, 43-46.
- Lagabrielle et al. 2009** : Lagabrielle (S.), Pivet (F.), Velde (Br.) : « Conservation and restoration of stained-glass panels from Sainte-Chapelle in the Musée National du Moyen Age: a multidisciplinary synthesis », in : *Forum for the Conservation and Restoration of Stained-Glass Windows*, Metropolitan Museum of Art, New York, 1 – 3 juin 2009, 2010, 92-100.
- Perez et al. 1991** : Perez (M.), Jorba (Y.), Bettembourg (J.-M.) : « Opacification des verres médiévaux : rôle du manganèse », in : *Technique et science : les arts du verre*, Actes du colloque de Namur (20-21 octobre 1989), Namur, Presses Universitaires, 1991, 119-125.
- Strepenich, Libourel 1997** : Strepenich (J.), Libourel (G.) : « Les vitraux médiévaux ; caractérisation physicochimique de l'altération », *Techné* 6, 70 – 78.
- Sautai-Dossin 1973** : Sautai-Dossin (A.-V.) : « Premières recherches sur les verreries en forêt de Compiègne », *Revue archéologique de l'Oise*, n°4, 1973, 59-65.
- Théophile 1980** : Théophile, prêtre et moine, *Essai sur divers arts*, en trois livres, corrigé, annoté et complété d'après le texte latin du XII<sup>e</sup> siècle (traduction Bourassé), éd. André Blanc, Picard, Paris 1980, 206 p.

# afav

*Association Française pour l'Archéologie du Verre*

2  
0  
1  
5

*Paris, 29<sup>e</sup> Rencontres (2014)*



Siège social : C/o Les Arts Décoratifs - Musée des Arts Décoratifs - Département du Verre  
107 rue de Rivoli, 75001 PARIS  
<http://www.afaverre.fr>

## Au sommaire de ce numéro



- 2** Sommaire
- 4** Éditorial
- 9** *Brut C.*  
État de la recherche sur le verre archéologique trouvé à Paris.
- 13** *Arveiller V., Vanpeene N.*  
Essai de synthèse sur le verre antique trouvé à Paris.
- 20** *Roussel-Ode J.*  
Des verres antiques mosaïqués à damiers à Alba-la-Romaine (Ardèche).
- 22** *Excoffon P., Foy D., Roussel-Ode J.*  
Les verres de l'îlot Camelin à Fréjus (Var). Un aperçu du mobilier des I<sup>er</sup> et II<sup>e</sup> siècles apr. J.-C.
- 32** *Klein M.*  
Un encrier romain de Mayence (Mainz- *Mogontiacum*) en Germanie supérieure.
- 36** *Foy D.*  
Le verre romain du secteur des Ferrailleurs à Toulon, quartier Besagne-Dutasta.
- 40** *Eristov H.*  
Des verres dans un décor mural de *Lutèce*.
- 41** *Simon L.*  
Le verre et ses substituts, le site gallo-romain de Mallemort-sur-Corrèze (Corrèze).
- 44** *Guérit M., Ferber E.*  
Découverte de deux ateliers de verriers de la fin du II<sup>e</sup> et du début du III<sup>e</sup> siècle au Pègue (Drôme).
- 50** *Simon L.*  
Le verre du site gallo-romain de la Prairie de Fort-Clan à Châtellerault (Vienne).
- 53** *Mandrizzato L.*  
A note on vasa diatreta / cage cups in *Aquileia*.
- 56** *Brut C.*  
La verrerie du haut Moyen Âge à Paris. Un état de la question.
- 61** *Foy D.*  
À propos de quelques verreries des VIII<sup>e</sup> - X<sup>e</sup> siècles du Midi de la France.
- 66** *Raux S., Gratuze B., Langlois J.-Y., Coffineau E.*  
Indices d'une production verrière du X<sup>e</sup> siècle à La Milesse (Sarthe).
- 71** *Roussel-Ode J.*  
Deux vases en verre d'époque médiévale découverts à Saillans (Drôme).
- 73** *Pactat I., Gratuze B., Derbois M.*  
Un atelier de verre carolingien à Méry, "ZAC Nouvelle-France" (Oise).
- 79** *Weiss V.*  
Cartographie des verriers parisiens (XII<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles)
- 88** *Lagabrielle S., Velde Br.*  
Le verre des vitraux de la Sainte-Chapelle (1243-1248) : l'apport des analyses
- 92** *Berthon A., Caillot I.*  
Le verre du Carreau du Temple, Paris (3<sup>e</sup> arr.), présentation des ensembles clos (XIV<sup>e</sup> - XVIII<sup>e</sup> siècles).
- 97** *Vanriest E.*  
La verrerie de Paris (1597-1610).
- 101** *Lefrancq J.*  
A propos d'un article récent : la coupe fragmentaire en verre façon de Venise, gravée d'un texte en néerlandais, trouvée dans les fouilles de la cour Napoléon du Louvre.
- 104** *Mérigot E.*  
Les Raux, une famille d'émailleurs parisiens, du règne de Louis XIV au siècle des Lumières.
- 105** *Mérigot E.*  
Charles François Hazard, émailleur oculiste (1758-1812) et son père Louis François Hazard (1728-1802), cordonnier.
- 106** *Palaude S.*  
La thévenotte, célèbre bouteille parisienne axonaise d'Ancien Régime.
- 109** *Carré A.-L.*  
Les collections de verrerie au Musée des arts et métiers.
- 113** *Cho S. M.*  
Jean Luce et le renouveau du service de table à Paris dans l'entre-deux-guerres.
- 117** *Ayroles V.*  
Commerce et diffusion de la verrerie d'art à Paris au XX<sup>e</sup> siècle.
- 121** *Rolland J.*  
Expérimentation archéologique : fabrication de parures celtiques à partir d'un bloc de verre brut daté de la fin du III<sup>e</sup> siècle av. J.-C. provenant de l'épave des Sanguinaires A.
- 124** *Fontaine-Hodiamont Ch., collab. Kappes M., Leroy-Lafaurie P.*  
Du sol à l'atelier de restauration : conseils pour la sauvegarde temporaire des verres archéologiques.  
Fiche technique : Les gestes qui sauvent, les gestes qui tuent...
- 131** *Garnier N.*  
À la recherche du contenu des objets archéologiques en verre par les analyses chimiques.  
Fiche méthodologique.
- 140** Projet Veinar
- 145** Nouveautés, Actualités, Addenda
- 152** Nouvelles parutions et bibliographie récente
- 159** Assemblée générale
- 161** *In Memoriam*
- 163** Liste des membres et correspondants
- 165** Travaux universitaires, Annonces