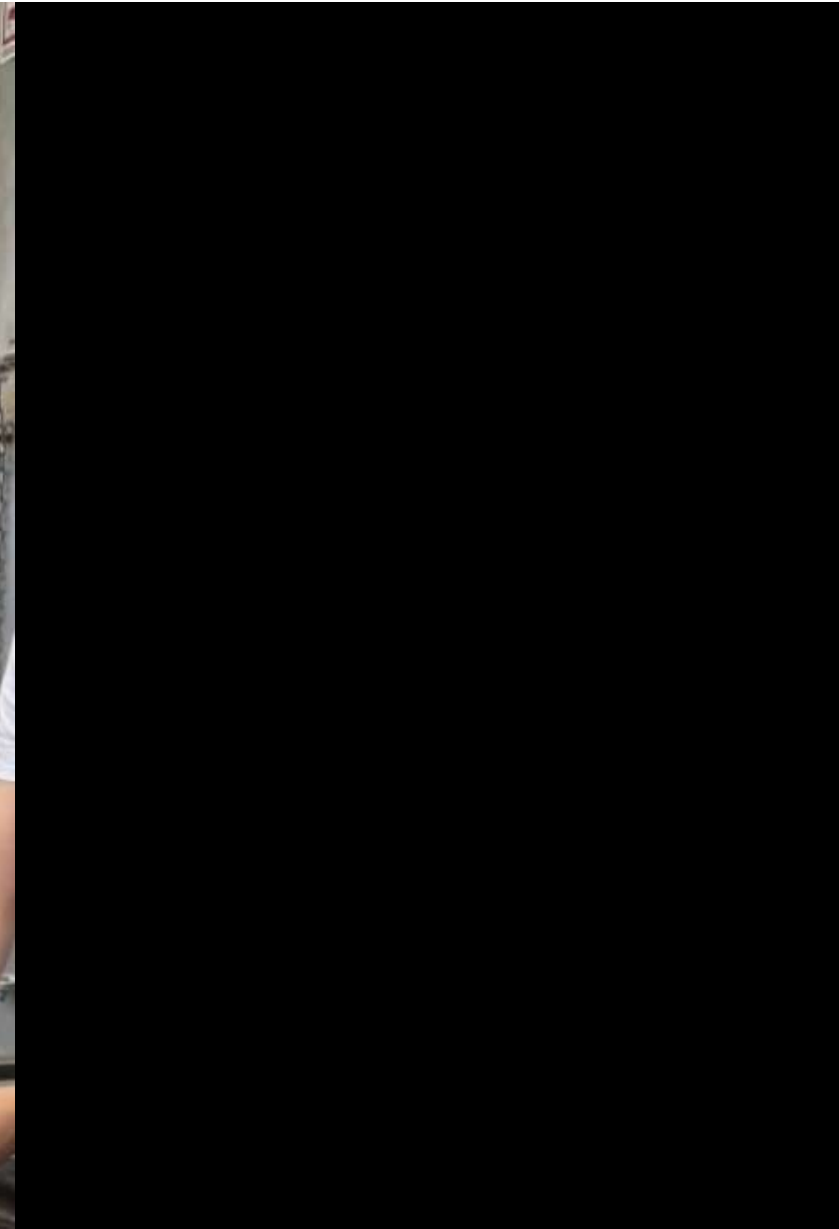


EVENEMENT

Séminaire national : le verre du futur  
s'invite au Lycée Jean Monnet

Passé  
X





# Production et recyclage du verre au premier millénaire de notre ère

*Nadine Schibille*

Jalame, 1963-1971 © Corning Museum of Glass, Corning, New York



# L'importance du verre dans l'archéologie



- le verre se casse facilement & il est recyclable
- le verre peut fournir des informations sur la vie quotidienne, mais plus encore sur certains aspects artistiques et esthétiques
- Le verre nous aide à comprendre les dynamiques économique, les mouvement des personne et de choses
- En tant que chercheurs en sciences archéologiques (archéométrie), nous nous intéressons aux technologie de production, les matières premières utilisées, la manière dont elles ont été préparées ...



# Production & recyclage - Roadmap



## Le modèle ancien de fabrication du verre

Matières premières du verre

Production primaire versus production secondaire

Changements vers la fin du premier millénaire

## Le recyclage (& la réutilisation) du verre

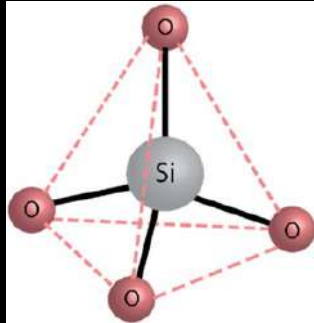
Les marqueurs de recyclage

Pourquoi le verre a-t-il été recyclé, quelle a été la force motrice du recyclage et de la réutilisation ?

Blocs de verre brut



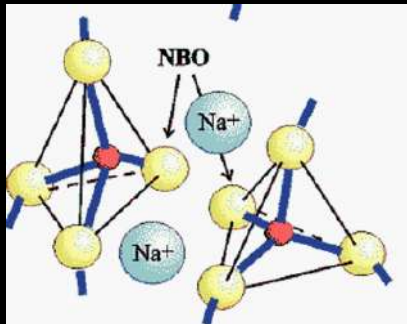
# La matière dont est fait le verre



formateur de réseau



sable ou galets de quartz

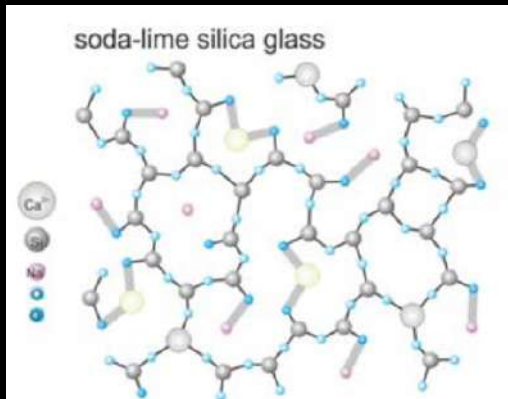


modificateur de réseau

soude minérale (natron)



cendres végétales sodiques ou potassiques

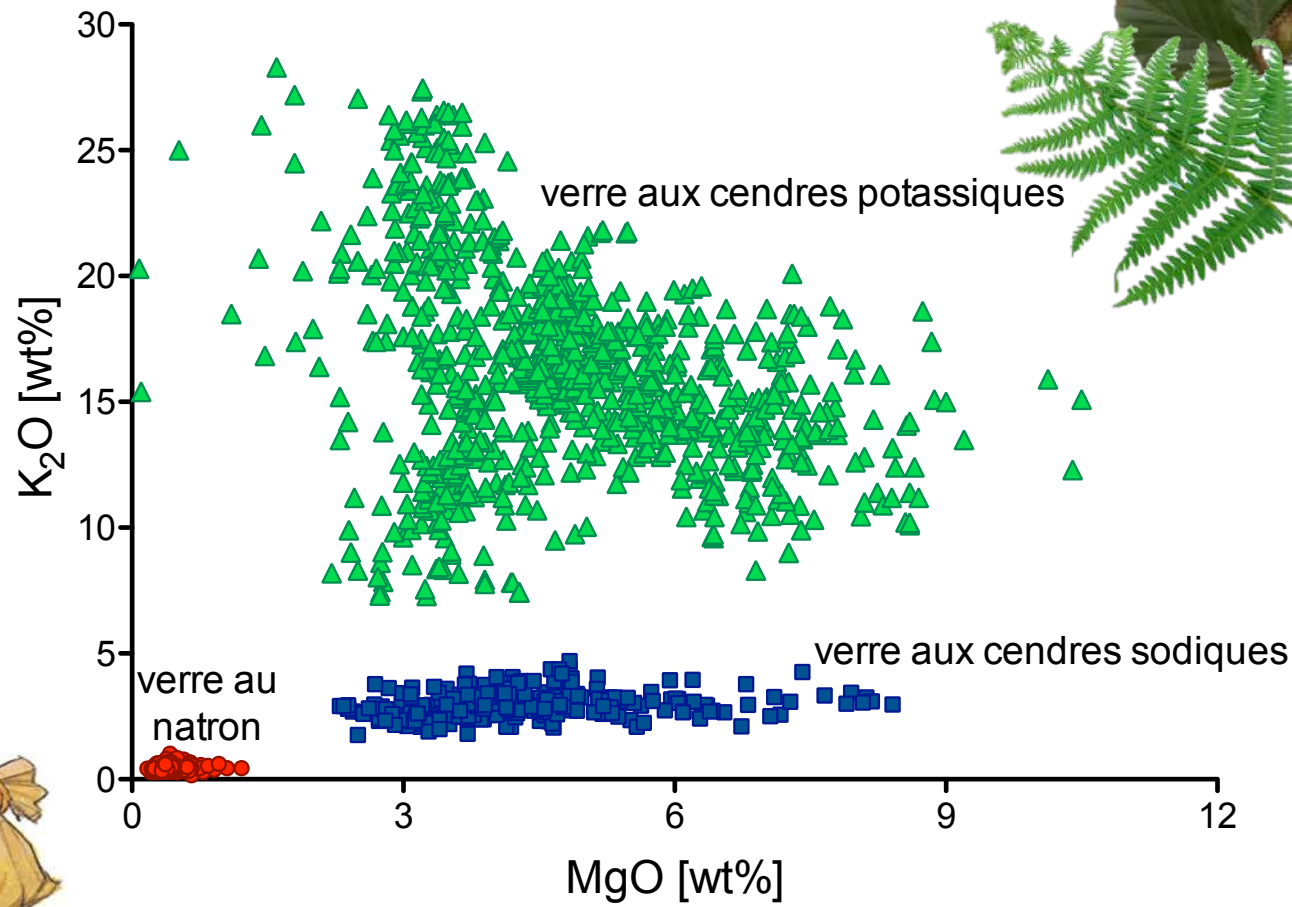


stabilisateur de réseau



coquillages ou calcaire

# Les fondants



**hêtre  
fougère**



**Plantes halophiles  
salicorne**

**natron / trona  
sodium bicarbonate**



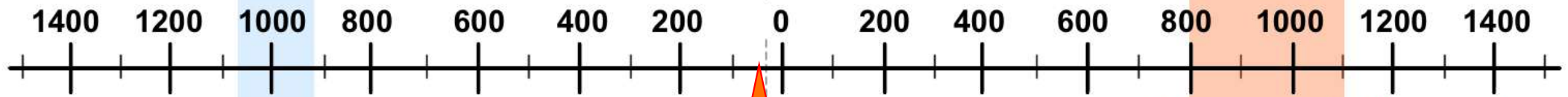


# Des grandes mutations de l'industrie verrière



av. notre ère

apr. notre ère



Mésopotamie, Egypte

Perse / Mésopotamie

Monde méditerranéen

Proche Orient



Verres sodiques aux cendres

Proche Orient

Empire romain

Europe

Verres sodiques au natron

Italie du Nord

Europe

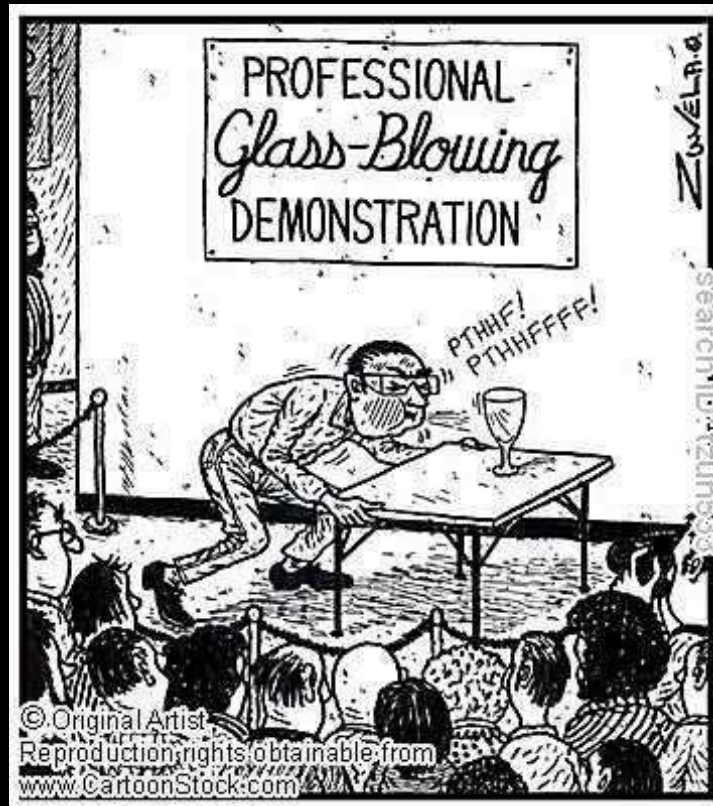
Verres sodo-  
potassiques

Soufflage de  
verre

Verres aux cendres  
forestières



# L'invention du soufflage du verre ~ 50-40 BCE



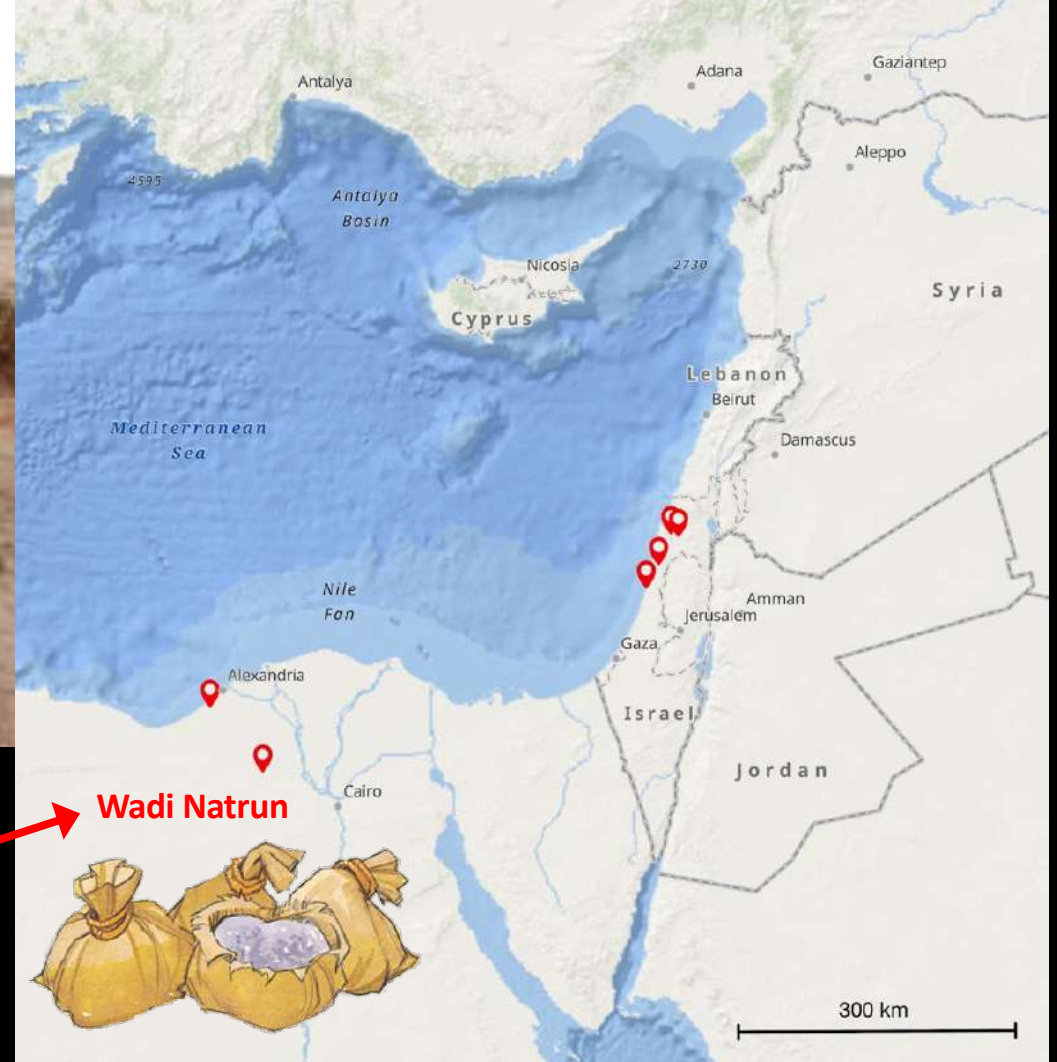
The Ein Gedi bottle. Mid-first century BCE.  
H. 12.7 cm. The Israel Museum, Jerusalem.  
© The Israel Museum, Jerusalem/by Peter Lany.



# Peu de sites de production primaire < 800 CE



Wadi Natrun, Beni Salama (Egypt), four primaire, 1e – 2e siècle CE © M.-D. Nenna



Pendant la majeure partie du premier millénaire BCE & CE, la principale source d'alcali était le natron minéral (trona – sesquicarbonate de sodium) du Wadi Natrun en Égypte.

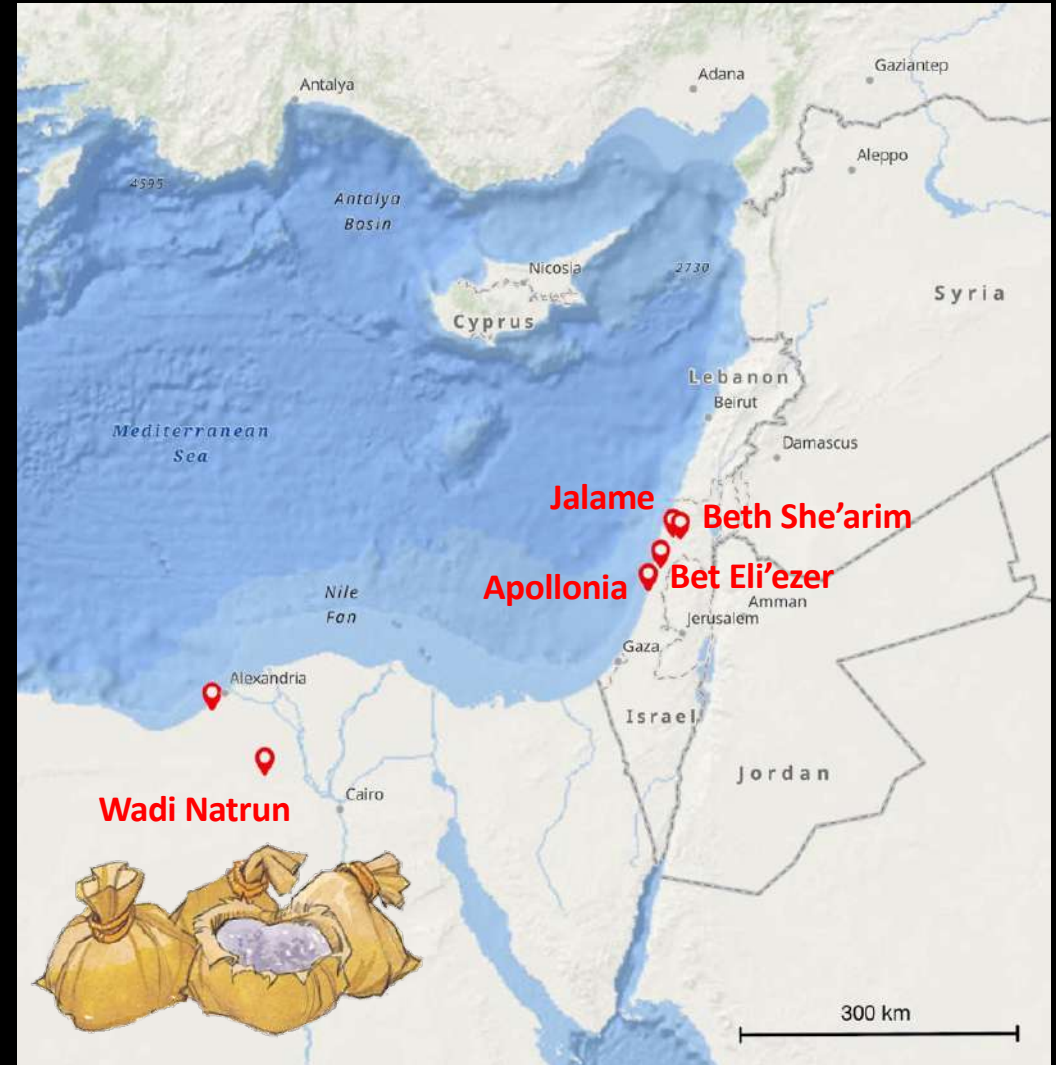
# Peu de sites de production primaire < 800 CE



Bet Eli'ezer, Israel (8<sup>th</sup> century), photo: J Rosen

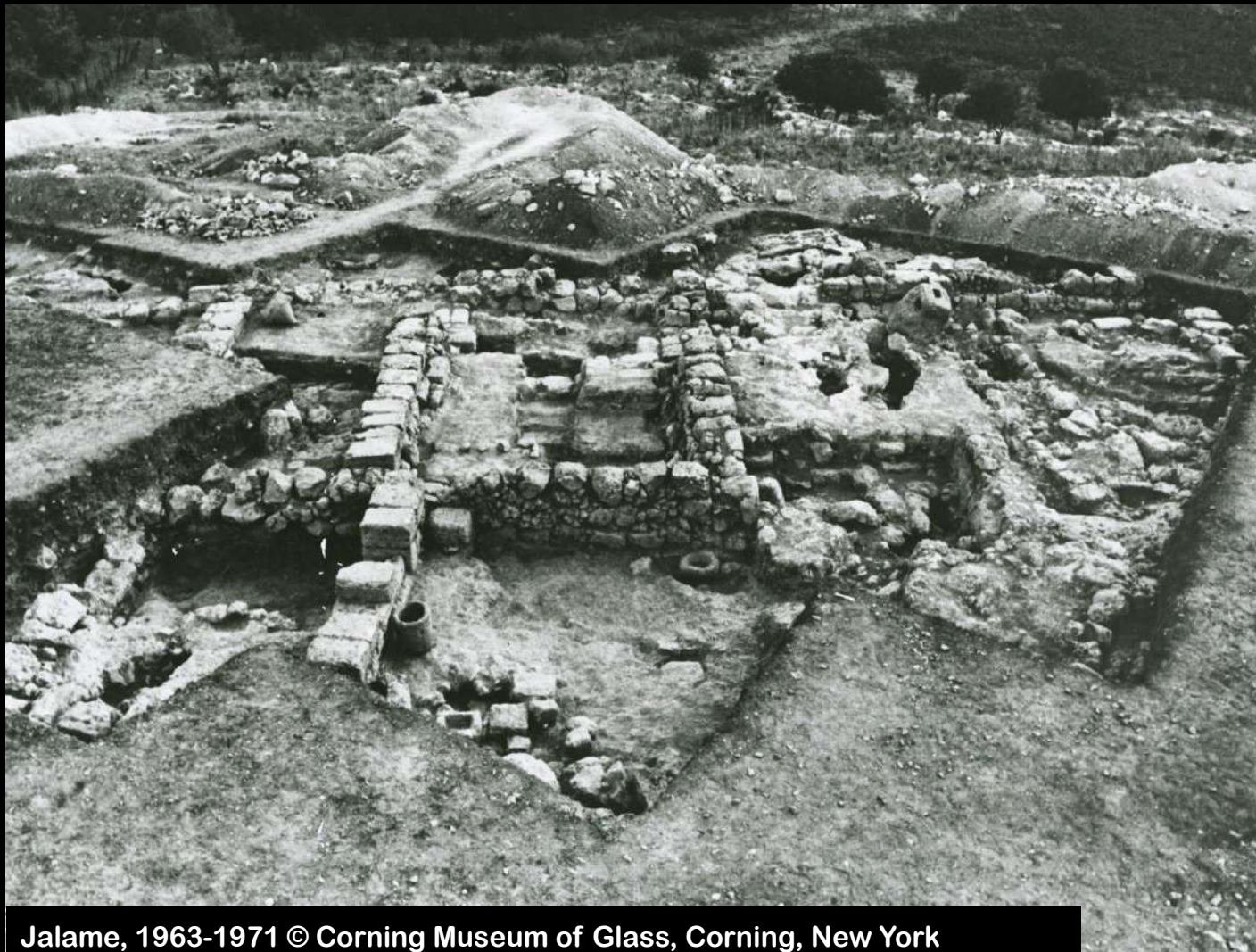


9 tons glass slab at Beth She'arim, Israel (9<sup>th</sup> century)  
<http://www.cmog.org/article/mystery-slab-beth-shearim>





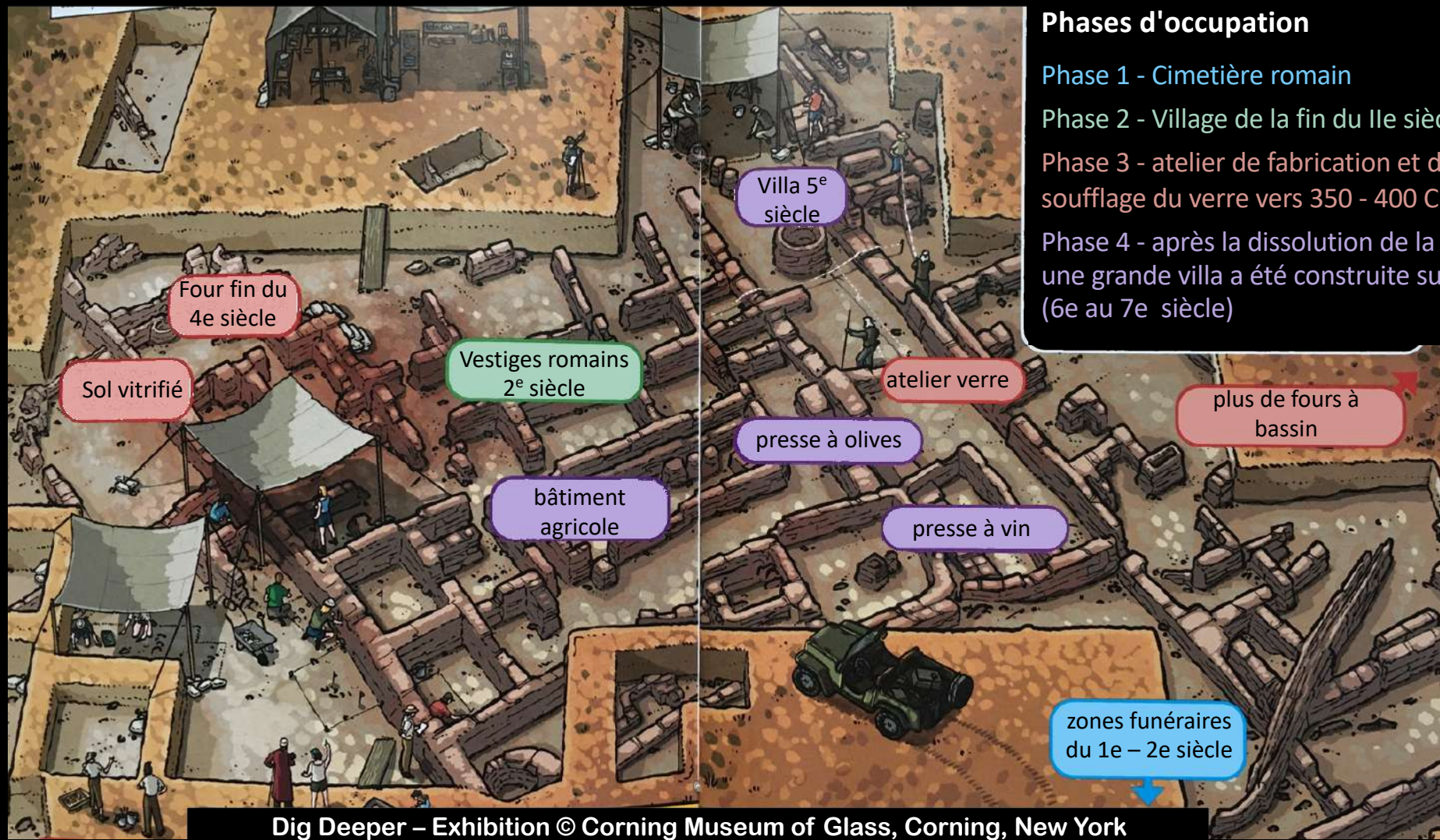
# L'atelier de verrerie du 4<sup>e</sup> siècle à Jalame (Palestine)



Jalame, 1963-1971 © Corning Museum of Glass, Corning, New York



# L'atelier de verrerie du 4<sup>e</sup> siècle à Jalame (Palestine)



## Phases d'occupation

Phase 1 - Cimetière romain

Phase 2 - Village de la fin du II<sup>e</sup> siècle

Phase 3 - atelier de fabrication et de soufflage du verre vers 350 - 400 CE

Phase 4 - après la dissolution de la verrerie, une grande villa a été construite sur le site (6<sup>e</sup> au 7<sup>e</sup> siècle)



Un grand four à bassin

1  
Sable et natron sont déposés dans la chambre principale.

2  
Le feu est allumé à une extrémité

3  
Une cheminée à l'autre extrémité tire la chaleur à travers le four

4  
faire fondre le mélange dans une grande dalle de verre brut



5  
une fois le four refroidi, il est démonté

6  
la grande dalle est ensuite cassée en morceaux



Photo: Yael Gorin-Rosen

Bloc de verre brut d'origine levantine trouvé à l'Abbaye de Jumièges



# Production primaire < 800 CE



## Témoignages archéologiques

Wadi Natrun 1<sup>e</sup> – 2<sup>e</sup> siècles

Jalame 4<sup>e</sup> siècle

Apollonia 6<sup>e</sup> – 7<sup>e</sup> siècle

Bet Eli'ezer 8<sup>e</sup> siècle

## Preuve analytique !!!

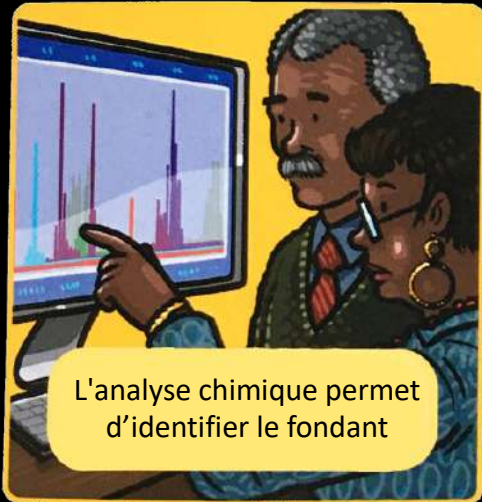
Les verres provenant de différentes régions de production peuvent être distingués en termes de composition



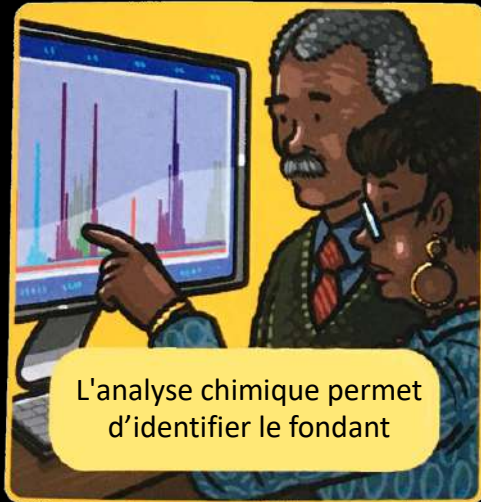
Blocs de verre brut de Jalame © Corning Museum of Glass, Corning, New York



# L'analyse chimique du verre



# L'analyse chimique du verre



L'analyse chimique permet d'identifier le fondant



Le natron était extrait presque exclusivement dans le Wadi Natrun en Égypte, d'où il était ensuite importé en Palestine.



L'analyse chimique permet de déterminer l'origine de la silice



La silice était collectée en Égypte et en Palestine. Ces sables étaient riches en silice provenant du Nil et transportés par les courants dans la Méditerranée et le long de la côte.





# Verre au natron < 800 CE

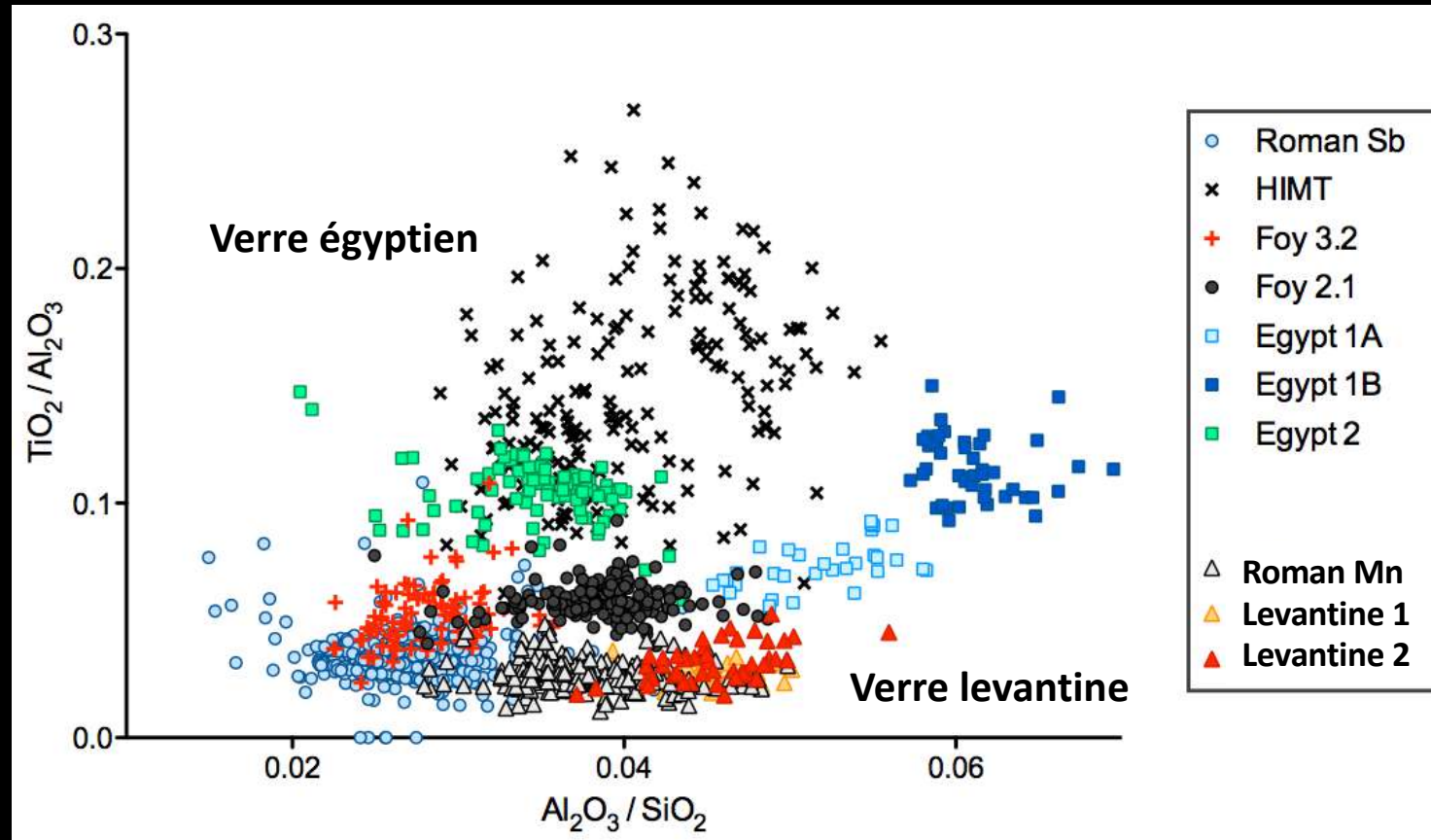


Legend																																													
<span style="background-color: #008000; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Natron	<span style="background-color: #ffff00; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Sand	<span style="background-color: #ff0000; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Lime	<span style="background-color: #0000ff; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> (De)colourants	<span style="background-color: #cccccc; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Not commonly reported																																									
1 <b>H</b> Hydrogen 1.00794															2 <b>He</b> Helium 4.002602																														
3 <b>Li</b> Lithium 6.941	4 <b>Be</b> Beryllium 9.012182															5 <b>B</b> Boron 10.811	6 <b>C</b> Carbon 12.0107	7 <b>N</b> Nitrogen 14.00674	8 <b>O</b> Oxygen 15.9994	9 <b>F</b> Fluorine 18.9984032	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797																								
11 <b>Na</b> Sodium 22.98976928	12 <b>Mg</b> Magnesium 24.305															13 <b>Al</b> Aluminium 26.9815386	14 <b>Si</b> Silicon 28.0855	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973762	16 <b>S</b> Sulfur 32.065	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.453	18 <b>Ar</b> Argon 39.948																								
19 <b>K</b> Potassium 39.0983	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955912	22 <b>Ti</b> Titanium 47.867	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938045	26 <b>Fe</b> Iron 55.845	27 <b>Co</b> Cobalt 58.9332	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934	29 <b>Cu</b> Copper 63.546	30 <b>Zn</b> Zinc 65.38	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.61	33 <b>As</b> Arsenic 74.9216	34 <b>Se</b> Selenium 78.96	35 <b>Br</b> Bromine 79.904	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798																												
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90585	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90638	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.96	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.9055	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.411	49 <b>In</b> Indium 114.818	50 <b>Sn</b> Tin 118.710	51 <b>Sb</b> Antimony 121.76	52 <b>Te</b> Tellurium 127.6	53 <b>I</b> Iodine 126.90447	54 <b>Xe</b> Xenon 131.29																												
55 <b>Cs</b> Cesium 132.9054519	56 <b>Ba</b> Barium 137.327	57 <b>La</b> Lanthanum 138.90547	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.94788	74 <b>W</b> Tungsten 183.84	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207	76 <b>Os</b> Osmium 190.23	77 <b>Ir</b> Iridium 192.227	78 <b>Pt</b> Platinum 195.084	79 <b>Au</b> Gold 196.966569	80 <b>Hg</b> Mercury 200.59	81 <b>Tl</b> Thallium 204.3833	82 <b>Pb</b> Lead 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.9804	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)	86 <b>Rn</b> Radon (222)																												
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium (226)	89 <b>Ac</b> Actinium (227)	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261)	105 <b>Db</b> Dubnium (268)	106 <b>Sg</b> Seaborgium (271)	107 <b>Bh</b> Bohrium (272)	108 <b>Hs</b> Hassium (278)	109 <b>Mt</b> Meitnerium (276)	110 <b>Ds</b> Darmstadtium (281)	111 <b>Rg</b> Roentgenium (288)	112 <b>Cn</b> Copernicium (285)	113 <b>Uut</b> Ununtrium (284)	114 <b>Fl</b> Flerovium (289)	115 <b>Uup</b> Ununpentium (288)	116 <b>Lv</b> Livermorium (293)	117 <b>Uus</b> Ununseptium (294)	118 <b>Uuo</b> Ununoctium (294)																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>58 <b>Ce</b> Cerium 140.116</td> <td>59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90768</td> <td>60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242</td> <td>61 <b>Pm</b> Promethium (145)</td> <td>62 <b>Sm</b> Samarium 150.36</td> <td>63 <b>Eu</b> Europium 151.964</td> <td>64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25</td> <td>65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535</td> <td>66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.5</td> <td>67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032</td> <td>68 <b>Er</b> Erbium 167.259</td> <td>69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421</td> <td>70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.054</td> <td>71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967</td> </tr> <tr> <td>90 <b>Th</b> Thorium 232.03806</td> <td>91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688</td> <td>92 <b>U</b> Uranium 238.02891</td> <td>93 <b>Np</b> Neptunium (237)</td> <td>94 <b>Pu</b> Plutonium (244)</td> <td>95 <b>Am</b> Americium (248)</td> <td>96 <b>Cm</b> Curium (247)</td> <td>97 <b>Bk</b> Berkelium (247)</td> <td>98 <b>Cf</b> Californium (251)</td> <td>99 <b>Es</b> Einsteinium (252)</td> <td>100 <b>Fm</b> Fermium (257)</td> <td>101 <b>Md</b> Mendelevium (258)</td> <td>102 <b>No</b> Nobelium (259)</td> <td>103 <b>Lr</b> Lawrencium (262)</td> </tr> </tbody> </table>																		58 <b>Ce</b> Cerium 140.116	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90768	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.5	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.054	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967	90 <b>Th</b> Thorium 232.03806	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (248)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (262)
58 <b>Ce</b> Cerium 140.116	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90768	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.242	61 <b>Pm</b> Promethium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36	63 <b>Eu</b> Europium 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92535	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.5	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032	68 <b>Er</b> Erbium 167.259	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.054	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967																																
90 <b>Th</b> Thorium 232.03806	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688	92 <b>U</b> Uranium 238.02891	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Americium (248)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkelium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendelevium (258)	102 <b>No</b> Nobelium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (262)																																

Tableau périodique avec indication des sources les plus probables des éléments dans le verre au natron. © (Brems et al., 2014)

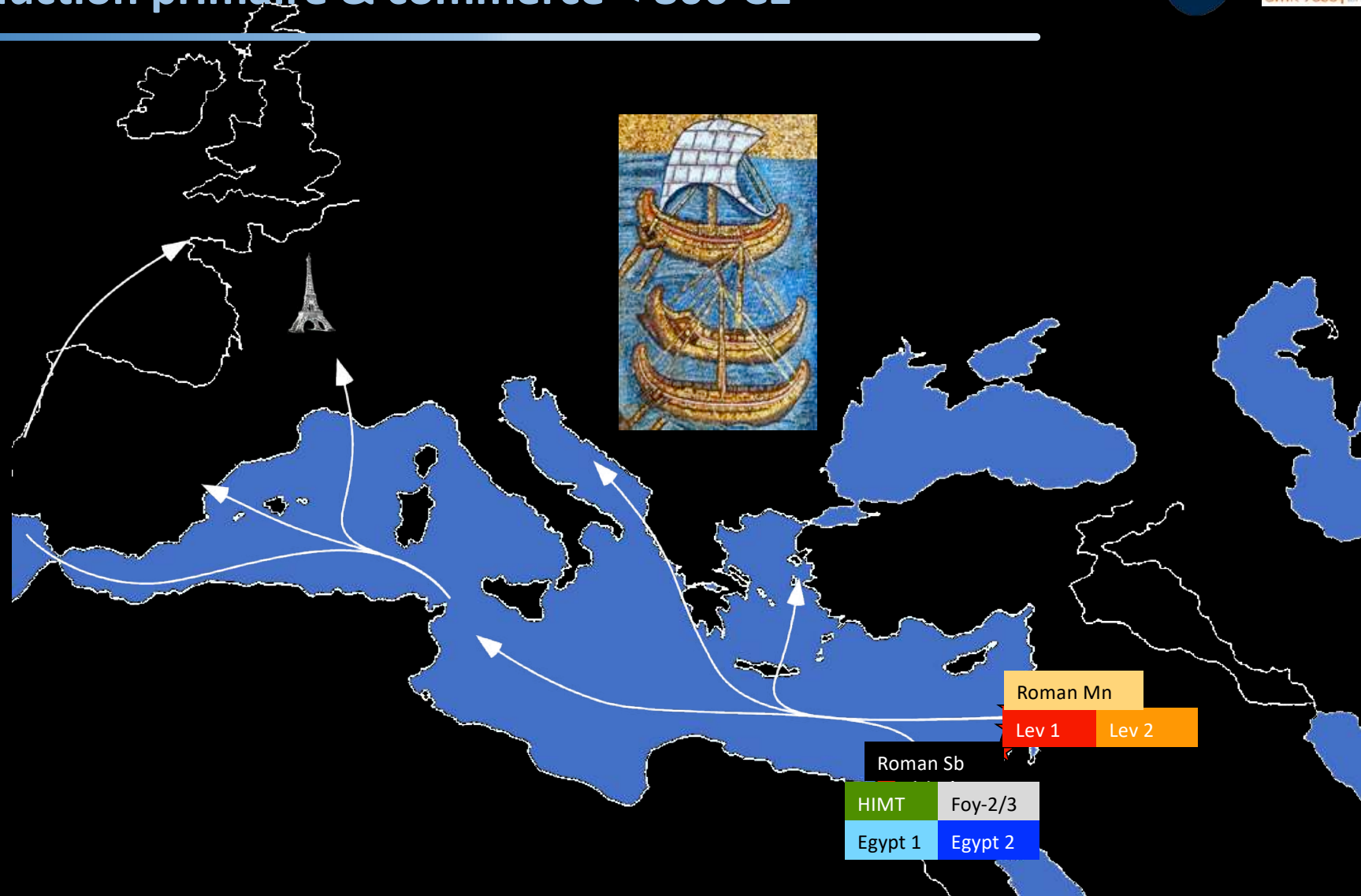


# Production primaire < 800 CE



Nous pouvons actuellement distinguer environ 10 groupes de composition différents sur la base de l'analyse de la composition du verre.

# Production primaire & commerce < 800 CE

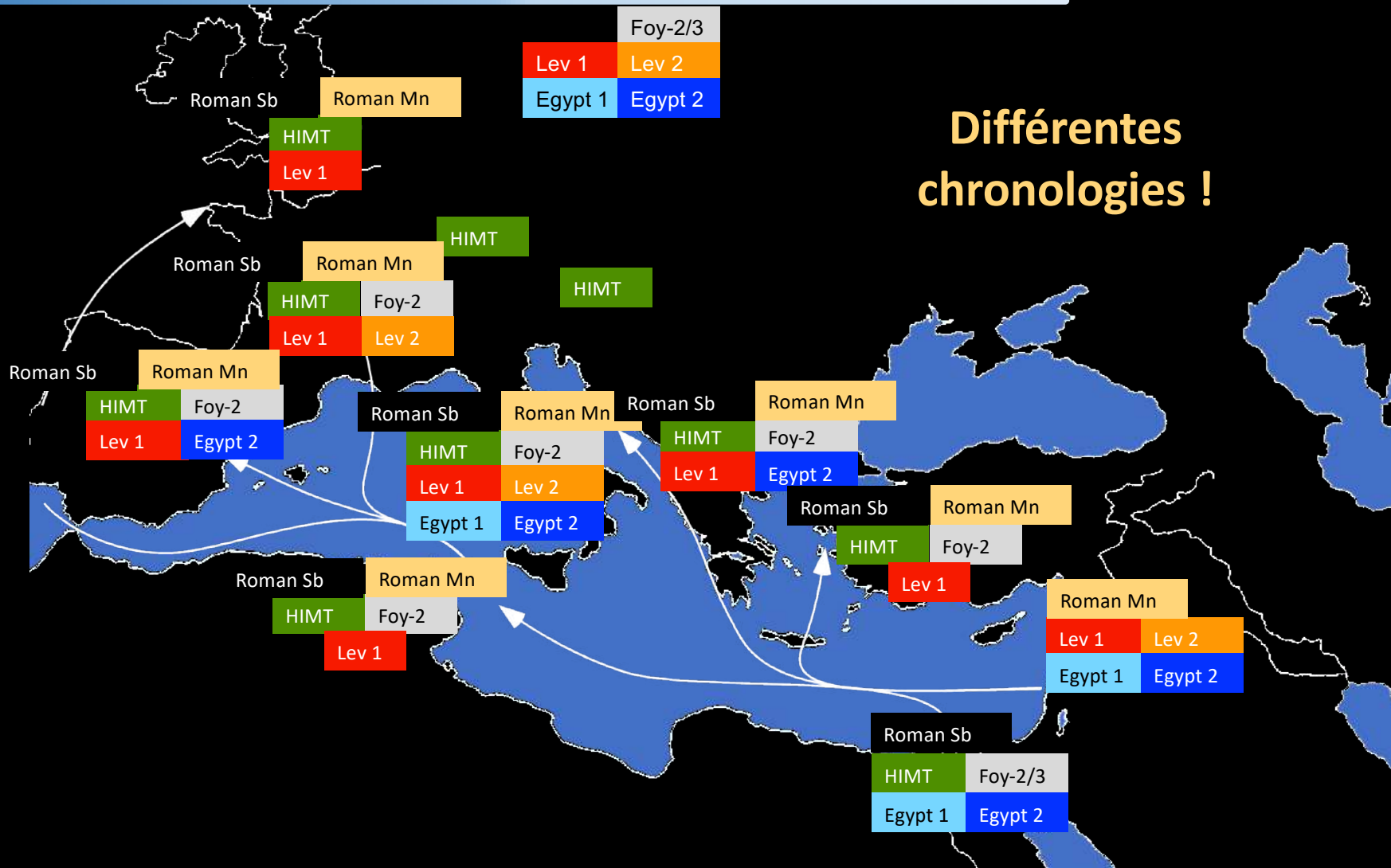




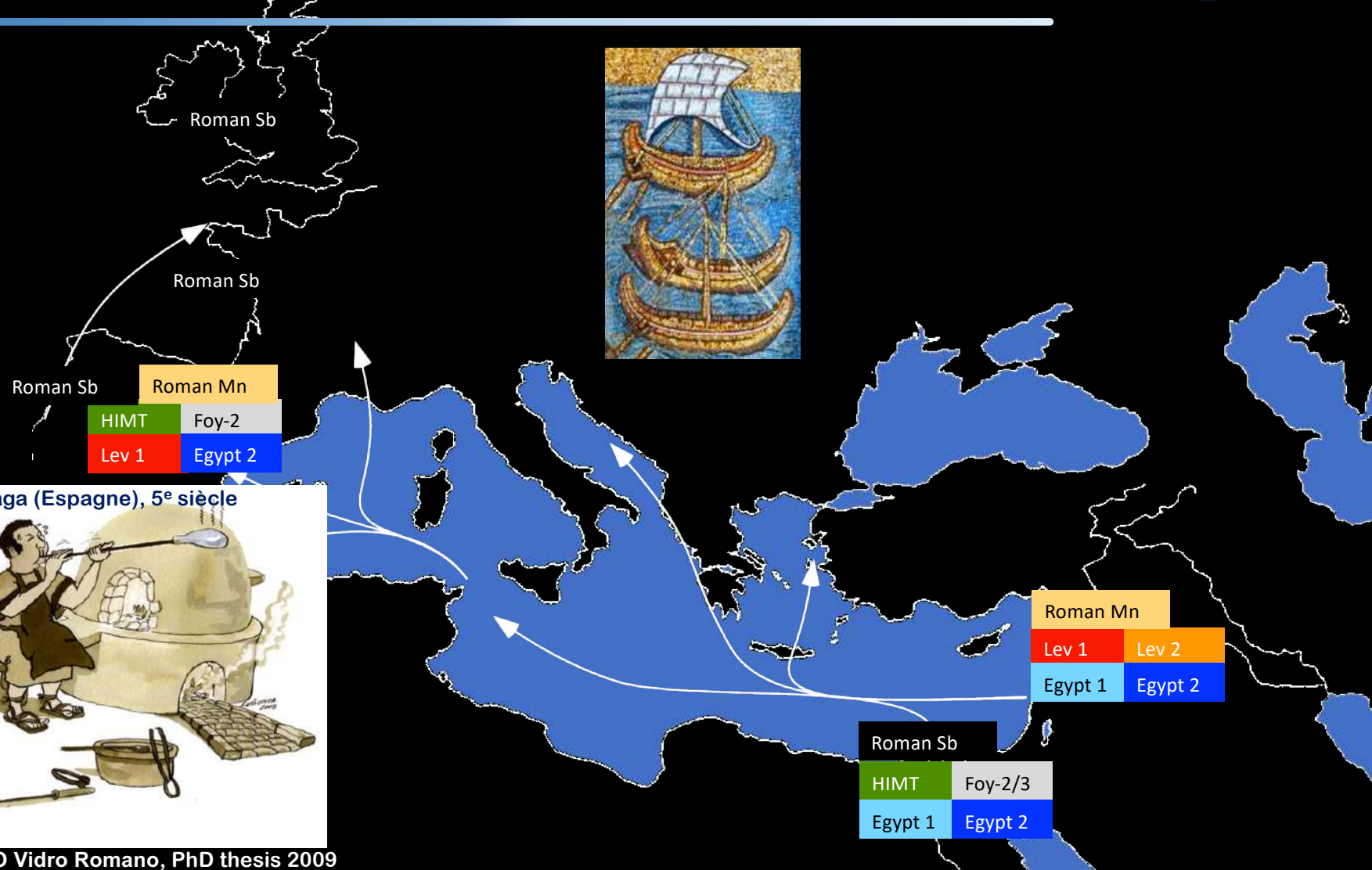
# Production primaire & commerce < 800 CE



## Différentes chronologies !



# Ateliers secondaire - refonte et travail



Atelier à Braga (Espagne), 5<sup>e</sup> siècle

M. Da Cruz, O Vidro Romano, PhD thesis 2009

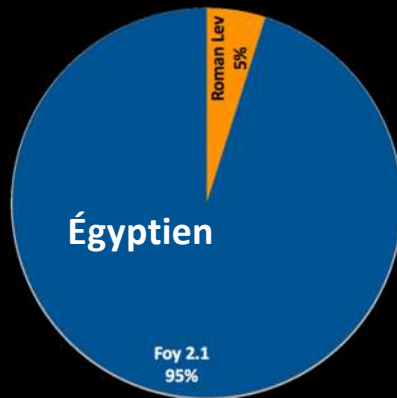
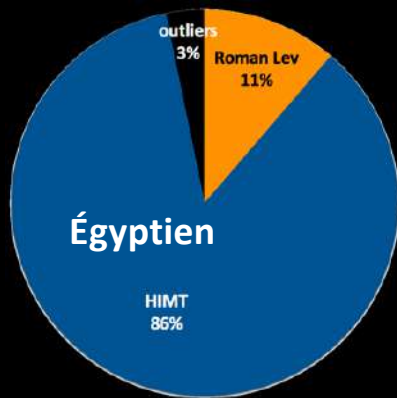


# Étude de cas - la péninsule ibérique



l'époque romaine  
tardive 4<sup>e</sup> – 5<sup>e</sup> siècle

antiquité tardive  
6<sup>e</sup> siècle



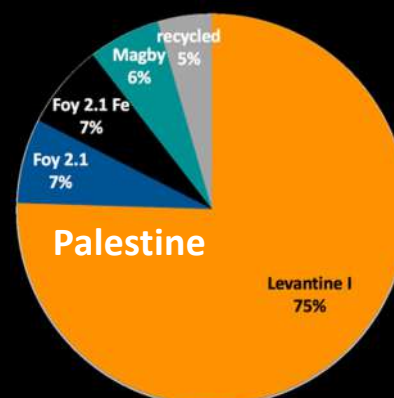
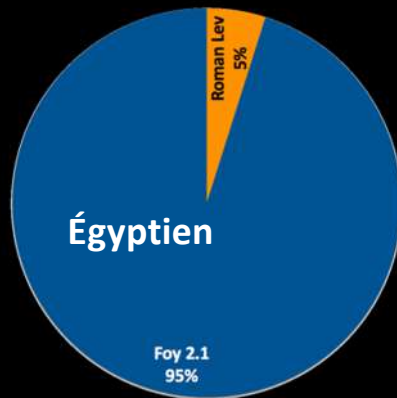
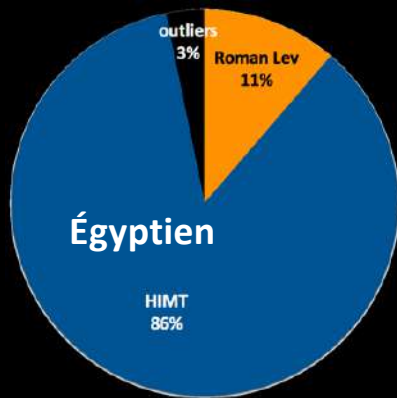
# Étude de cas - la péninsule ibérique



l'époque romaine  
tardive 4<sup>e</sup> – 5<sup>e</sup> siècle

antiquité tardive  
6<sup>e</sup> siècle

période wisigothique  
6<sup>e</sup> - 8<sup>e</sup> siècle





# Étude de cas - la péninsule ibérique

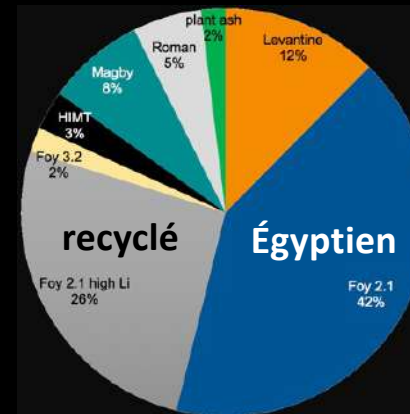
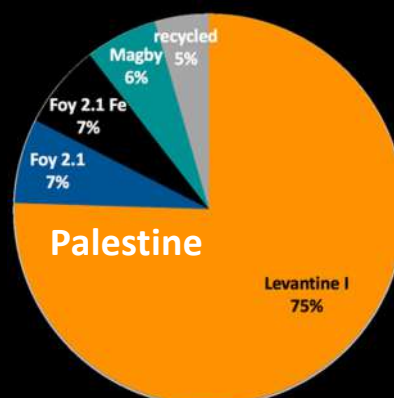
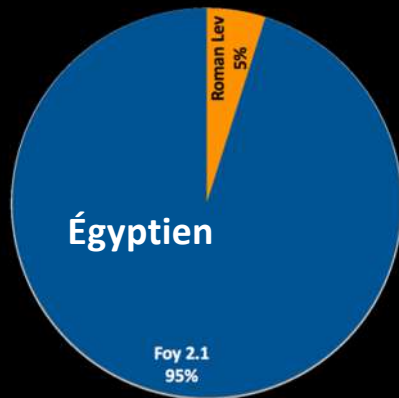
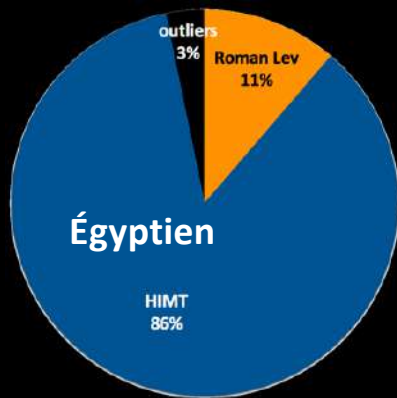


**l'époque romaine tardive 4<sup>e</sup> – 5<sup>e</sup> siècle**

**antiquité tardive 6<sup>e</sup> siècle**

**période wisigothique 6<sup>e</sup> - 8<sup>e</sup> siècle**

**wisigothique et début islamique 7<sup>e</sup> - 9<sup>e</sup> siècle**



# Étude de cas - la péninsule ibérique



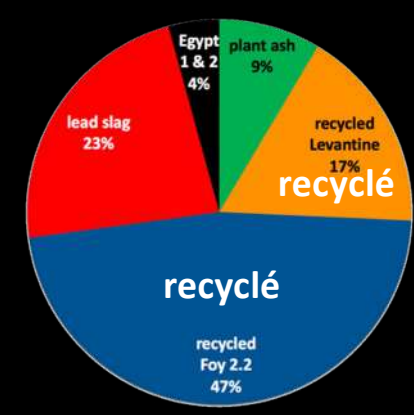
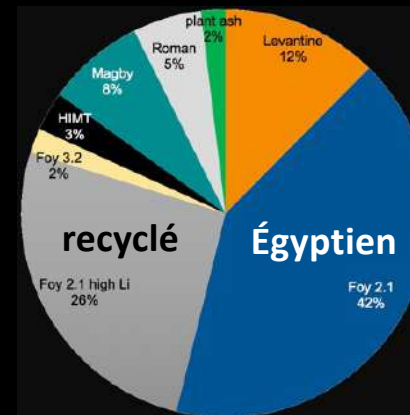
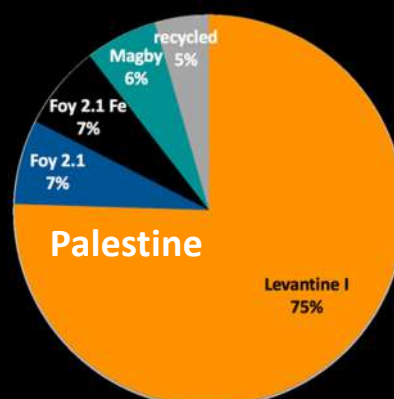
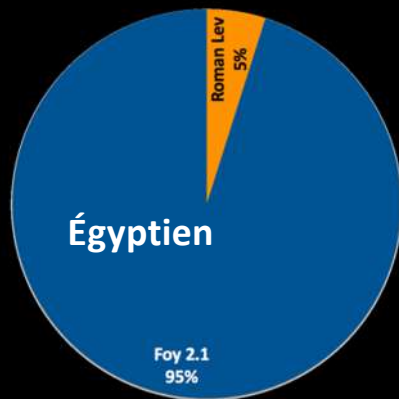
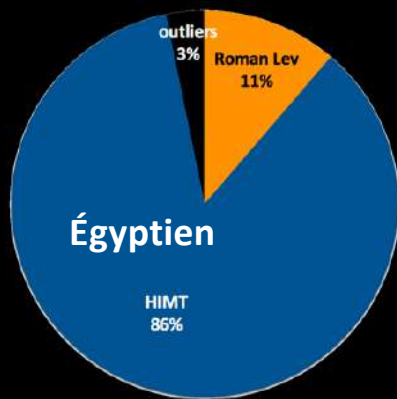
**l'époque romaine tardive 4<sup>e</sup> – 5<sup>e</sup> siècle**

**antiquité tardive 6<sup>e</sup> siècle**

**période wisigothique 6<sup>e</sup> - 8<sup>e</sup> siècle**

**wisigothique et début islamique 7<sup>e</sup> - 9<sup>e</sup> siècle**

**période islamique 8<sup>e</sup> - 9<sup>e</sup> siècle**





## Preuves analytiques du recyclage du verre

- Exemples de recyclage
- Marqueurs de recyclage
- l'organisation du recyclage
- dimensions socio-économiques



Broken glass from the Serçe Limani  
shipwreck, ca 1025 CE  
© INA GW-1393, REF 4378

# Compositions mixtes - recyclage à l'époque romaine



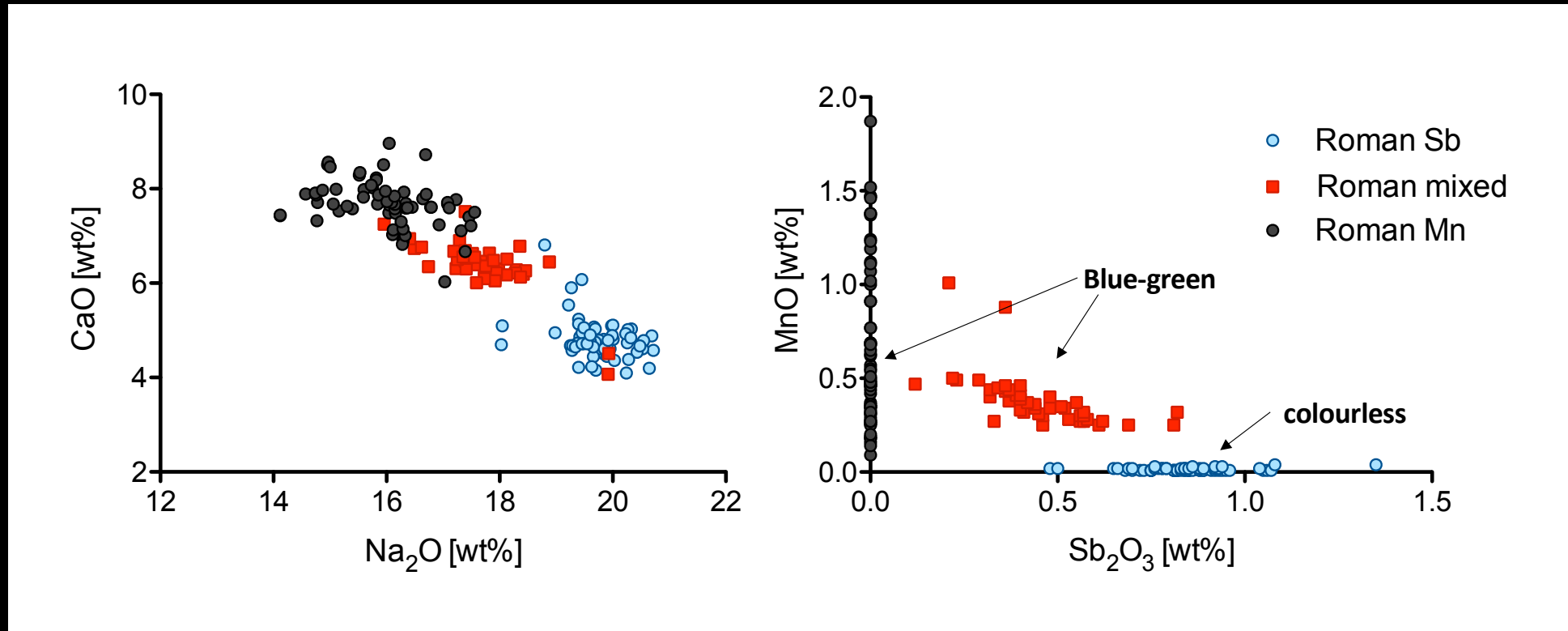
# Épave « Iulia Felix » - recyclage à l'époque romaine



Épave de Iulia Felix, première moitié du II<sup>e</sup> siècle de notre ère  
in situ (Soprintendenza Archeologia Friuli-Venezia Giulia)  
Modèle 3D de l'épave et de la cargaison in situ (Costa & Beltrame, 2021)



# Compositions mixtes - recyclage à l'époque romaine



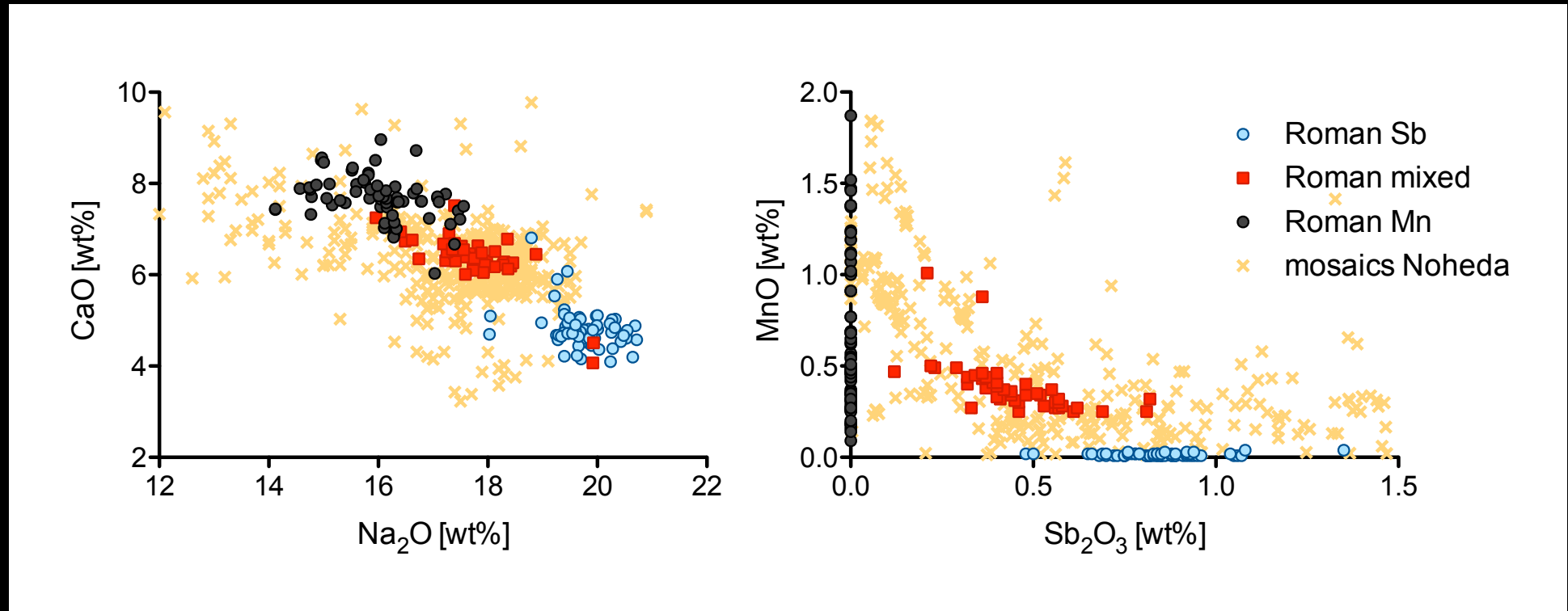
Data from Silvestri et al. (2008) and Silvestri (2008)

**Tonneau d'environ 140 kg de verre de récipient brisé**

Incolore > 3 000 fragments

Faiblement coloré (bleuâtre, verdâtre, bleu-vert) > 6 000 fragments

# Tesselles de mosaïque - recyclage à l'époque romaine



Noheda data from Schibille et al. (2020)

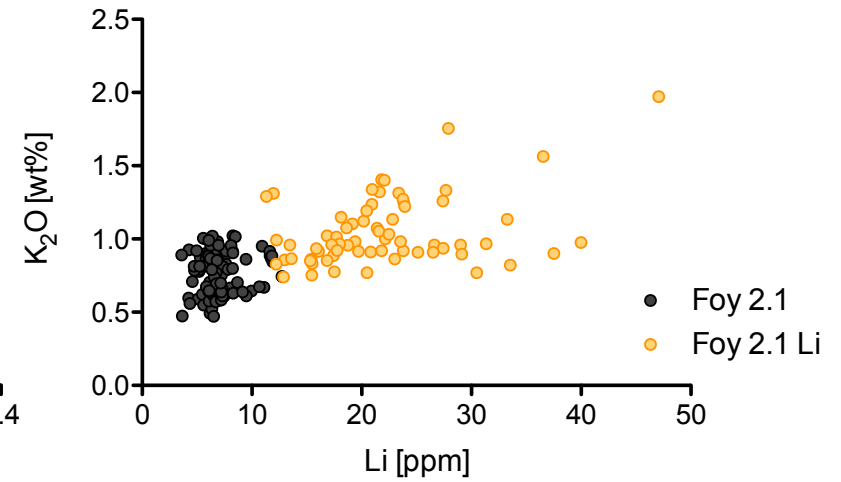
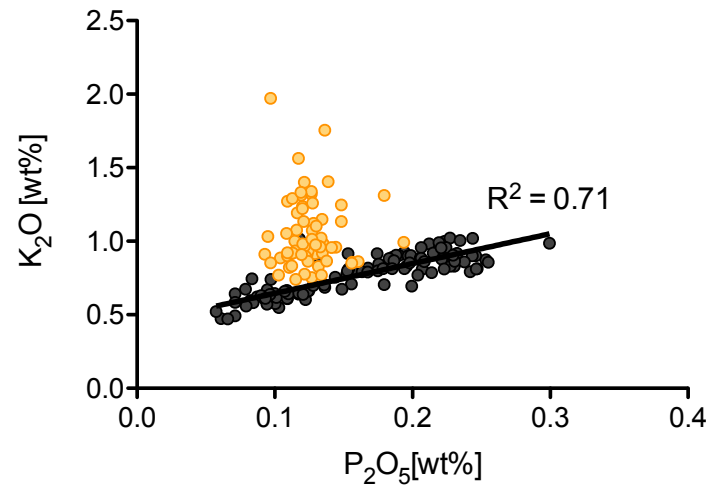
# Tesselles de mosaïque - recyclage à l'époque romaine



4<sup>th</sup>-century Roman Villa in Noheda (Spain), elaborate floor mosaic with large amount of glass tesserae

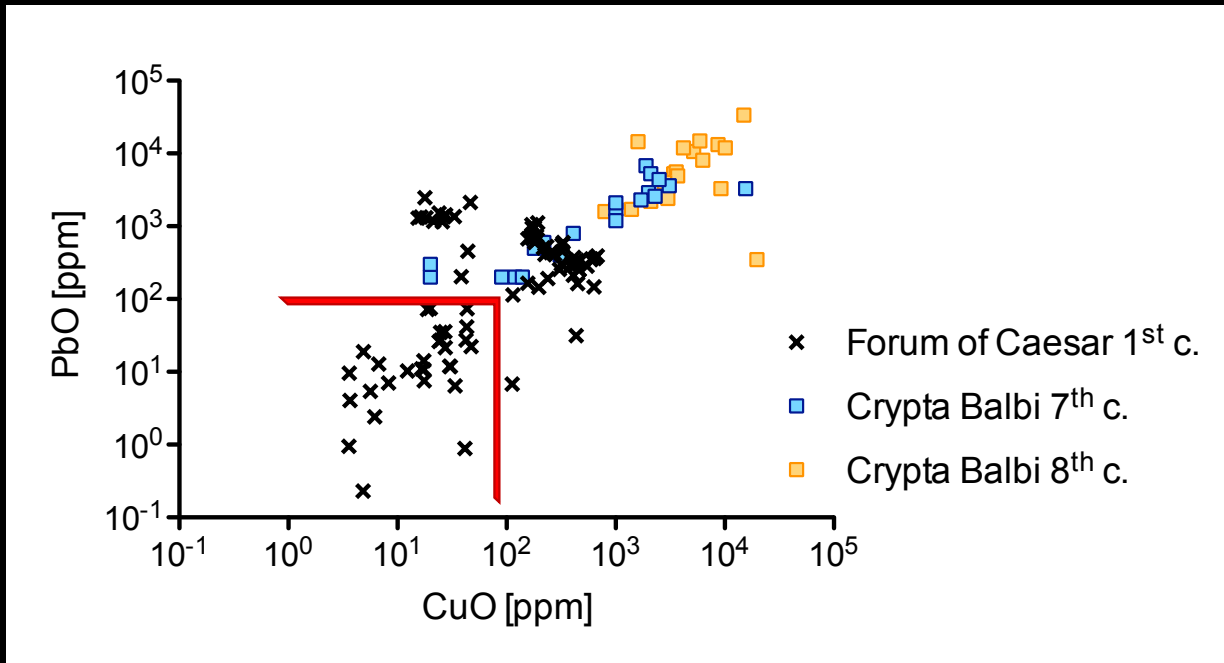


# Contamination accidentelle - environnement du four / combustible



Schibille et al. (2022)

# Contamination accidentelle - colorants et opacifiants



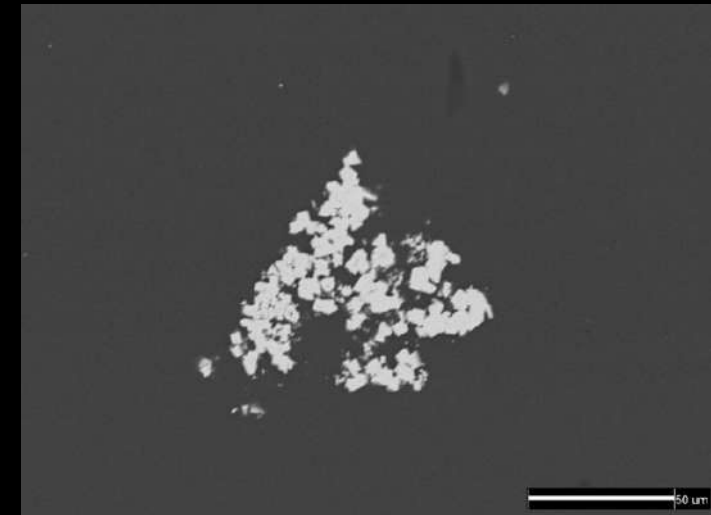
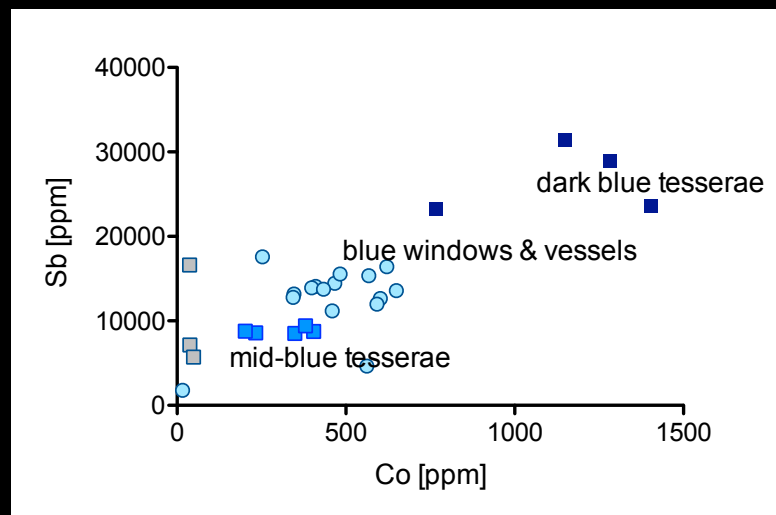
Crypta Balbi data (Mirti et al. 2000 & 2001); Forum of Caesar (unpublished data)

## Augmentation des colorants & opacifiants

dans du verre par ailleurs non coloré au-dessus des niveaux de fond de la source de silice, par exemple CuO ou PbO > 100 ppm

l'incorporation accidentelle de calcin coloré (verre brisé)

# Le recyclage au début de la période médiévale



Schibille & Freestone (2013)

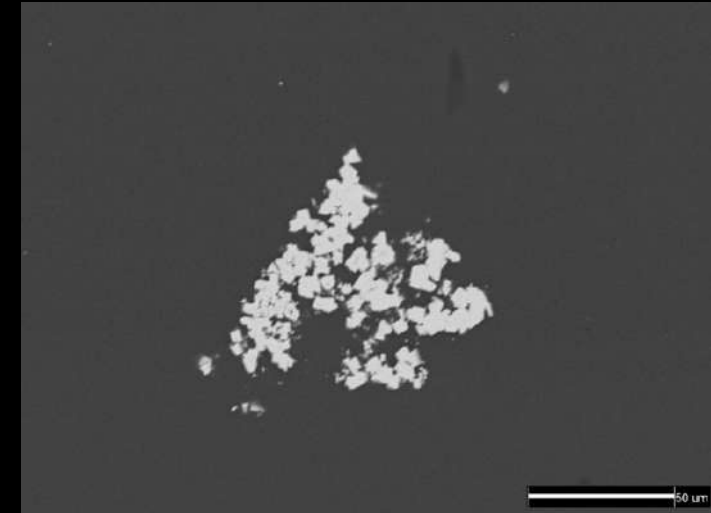
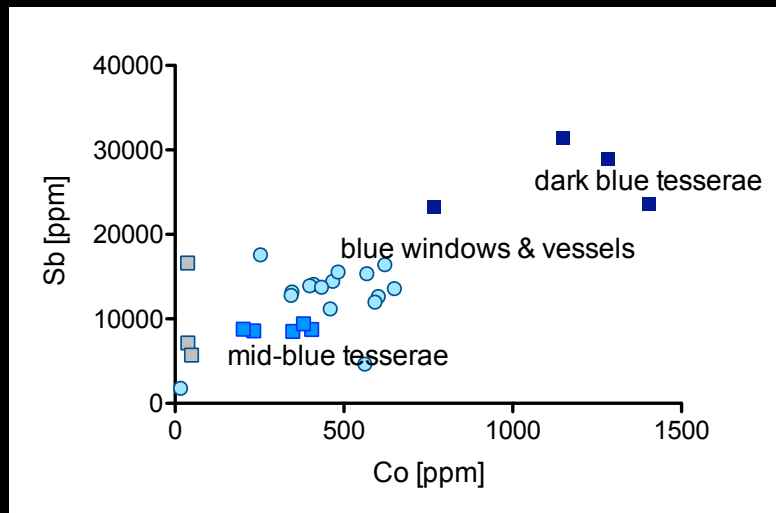
Schauss (2008), MSc, University of Cardiff



San Vincenzo al Volturno,  
9<sup>th</sup>-century monastery in Southern Italy



# Le recyclage au début de la période médiévale



Schibille & Freestone (2013)

Schauss (2008), MSc, University of Cardiff



San Vincenzo al Volturno,  
9<sup>th</sup>-century monastery in Southern Italy

## Recyclage des tesselles de mosaïque du 1<sup>e</sup> au 3<sup>e</sup> siècle

Les tesselles bleues de cobalt ont été utilisées pour produire du verre bleu translucide pour les fenêtres et les récipients.

# Le recyclage au début de la période médiévale

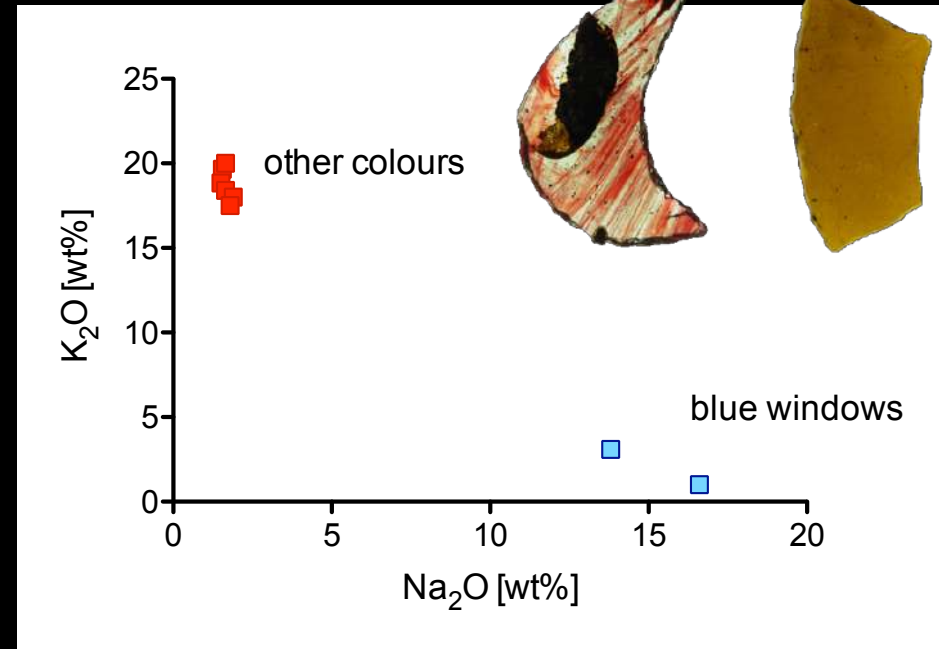
Roman tesserae



Carolingian windows



# Le recyclage au début de la période médiévale



Vitraux de l'ancienne cathédrale de Nice (11e siècle), Pactat (2022)

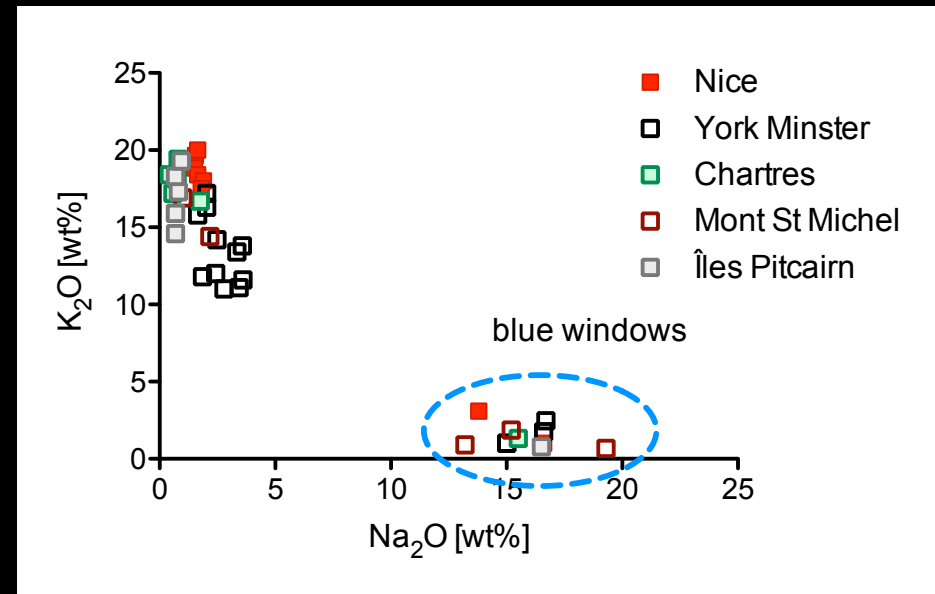


# Le recyclage au début de la période médiévale



Bleu de Chartres  
verre au natron

Notre-Dame de la Belle Verrière,  
Cathédrale de Chartres  
Fin du 12e siècle



Data from Brill (1999)

# Le recyclage au début de la période médiévale



- Verre romain de type natron
- Colorant romain au cobalt
- Opacifiant à l'antimoine datant d'avant le 4<sup>e</sup> siècle

**MAIS l'objet est médiéval**

**Des objets similaires ont depuis été  
découverts dans des contextes  
archéologiques sûrs datant du  
11<sup>e</sup> - 12<sup>e</sup> siècle**

Reliquaire Saint Savin, 11<sup>e</sup> siècle © Alienor.org, Musées de la ville  
de Poitiers et de la Société des Antiquaires de l'Ouest

# Le recyclage au début de la période médiévale



## XII. DE DIVERSIS VITRI COLORIBUS NON TRANSLUCIDIS

Inveniuntur in antiquis aedificiis paganorum in musivo opere diversa genera vitri, videlicet album, nigrum, viride, croceum, saphireum, rubicundum, purpureum; et non est perspicax, sed densum in modum marmoris, et sunt quasi lapilli quadri, ex quibus fiunt electra in auro, argento et cupro, de quibus in suo loco sufficienter dicemus.

Inveniuntur etiam vascula diversa eorumdem colorum, quae colligunt Franci in hoc opere peritissimi, et saphireum quidem fundunt in furnis suis, addentes ei modicum vitri clari et albi, et faciunt inde tabulas saphiri pretiosas ac satis utiles in fenestris. Faciunt etiam ex purpura et viridi similia.



Dans les anciens bâtiments païens, dans les mosaïques, on trouve différentes sortes de verre, par exemple, du blanc, du noir, du vert, du jaune safran, du bleu, du rouge et du violet ; et le (verre) n'est pas transparent, mais opaque comme le marbre. Et ce sont, pour ainsi dire, des petites pierres en forme de cube, à partir desquelles sont fabriqués les émaux sur l'or, l'argent et le cuivre, dont nous parlerons suffisamment dans un endroit approprié.

Nous trouvons également divers petites vaisselles faits de ces couleurs, qui sont collectés par les Franconiens, très expérimentés dans cette technique. Ils font fondre dans leurs fours, ajoutent un peu de verre incolore clair et obtiennent de précieuses plaques de verre bleu, qui conviennent bien pour être utilisées comme vitres. Ils les fabriquent également (les vitres) à partir de verre violet et vert.

Theophilus (1070-1125 CE), De Diversis Artibus



# Le recyclage au début de la période médiévale

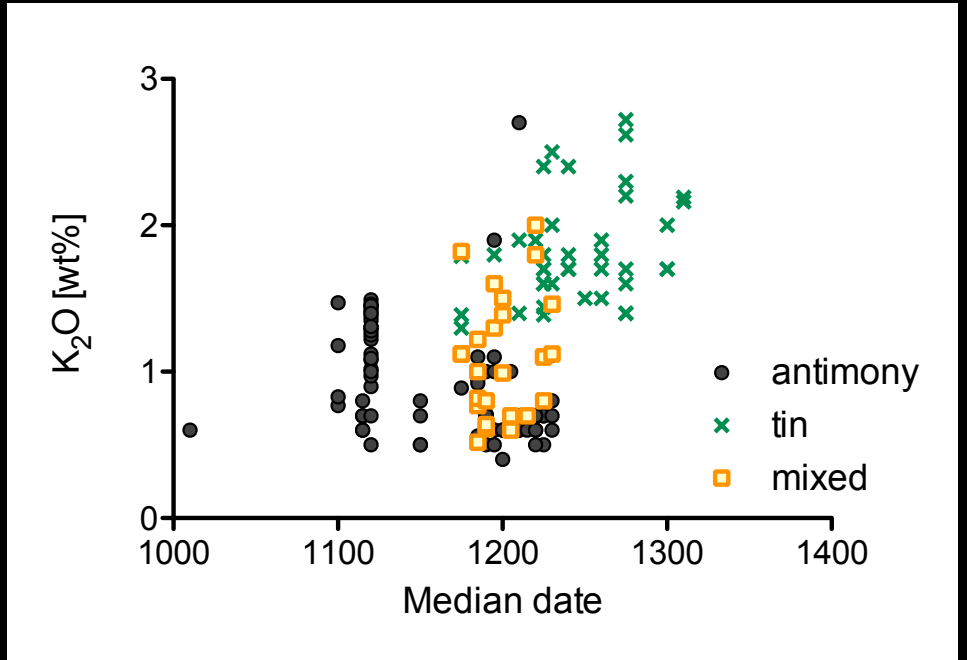
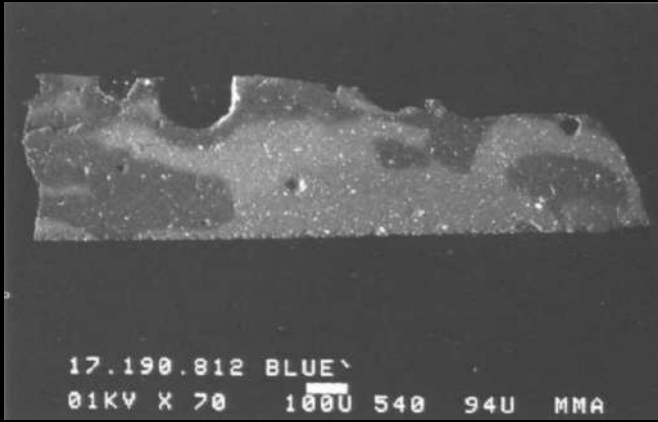


Image MEB d'un émail bleu opaque, zones claires riches en Pb, avec des cristaux d'oxyde d'étain, zones plus sombres contenant de l'antimoniate de calcium et peu de Pb (Biron et al. 1996)

Saint Peter, Limoges ca. 1185-1200, 24.8 x 9.5 cm © Metropolitan Museum of Art, NYC

# Sources écrites sur le recyclage du verre



Le verre brisé et sa collecte sont mentionnés dans la littérature de la seconde moitié du 1<sup>e</sup> siècle de notre ère.

Martial (*Epigrammata*), Statius (*Silvae*) & Juvenal (*Satires*) font référence à la collecte de verre brisé et à l'échange contre du soufre

Cassius Dio (ca. 165-235 CE) remarque que l'empereur Claude accorde la citoyenneté romaine à un prix aussi bas que la valeur du verre cassé



Dépôt de calcin provenant de Londres ; la pile mesure environ 0,4 m;

© Historic England



Calcin provenant d'un atelier local, Augusta Raurica, Suisse, 2<sup>e</sup> - 3<sup>e</sup> siècles



Morceaux de verre brut et de calcin trouvés dans un atelier byzantin à Beth Shean, Palestine

© Freestone

## Dépôts de calcin (verre brisé)

Camps militaires (e.g. Nijmegen, Guildhall Yard London, Alzey, Hambacher Forest)

Contexte urbain (e.g. Augusta Raurica, Avenches, Trier, London, Sardis, Bet Shean)

Églises (Palaestina Salutaris / Tertia)

Épaves (Iulia Felix, Serçe Limani)



**Organisation et importance du recyclage ?**



Broken glass from the Serçe Limani  
shipwreck, ca 1025 CE  
© INA GW-1393, REF 4378



# Organisation et dimensions socio-économiques



- Le recyclage était omniprésent et le verre était exploité de toutes les manières possibles depuis le 1<sup>e</sup> siècle de notre ère.
- Augmentation du recyclage à la fin de l'Antiquité et au début du Moyen Âge
- Économie locale contre échanges à longue distance
- Valeur économique du calcin de verre



**Le coût d'un récipient en verre était entre 10 et 20 fois plus élevé que celui d'un récipient en poterie de taille équivalente**

# Que peut-on apprendre de l'histoire du recyclage du verre ?



## ➤ Reconnaître la valeur économique et technique du recyclage

Indépendance des importations à longue distance

Économies de carburant et réduction des coûts de production

Source importante de colorants

## ➤ Sélection et séparation soigneuses des couleurs

Recyclage "à l'identique" pour éviter que les propriétés du verre ne soient "brouillées"

Recyclage illimité (en circuit fermé)

Réutilisation