

# Un atelier de taille de pierres semi-précieuses à Alexandrie

*Patricia Rifa-Abou El Nil est archéologue au Centre d'Études Alexandrines (CEAlex<sup>1</sup>) et Thomas Calligaro est chercheur au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF<sup>2</sup>).*

## 1 Introduction

L'une des manifestations culturelles les plus marquantes de l'Europe du Haut Moyen Âge est l'apparition de l'orfèvrerie dite de style

« cloisonné », qui s'est épanouie aux v<sup>e</sup> et vi<sup>e</sup> siècles. Nombre des questions soulevées par son étude concernent les modalités de production et d'approvisionnement en matières premières. À Alexandrie, lors de la fouille du site du Diana, les niveaux de l'Antiquité Tardive ont révélé

1. <http://cealex.org/>

2. <https://c2rmf.fr/>

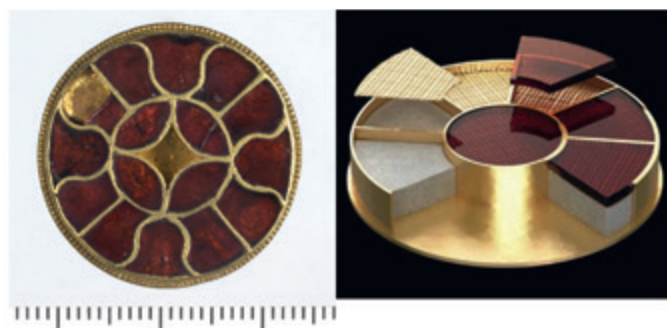


Figure 1

Style polychrome cloisonné du Haut Moyen Âge constitué de fines plaquettes de grenats (< 1 mm) insérées dans des cellules métalliques (or, argent, alliage cuivreux) placées sur un paillon (feuille d'or gaufrée) et un ciment.

Source : C2RMF.



Figure 2

L'origine du style cloisonné se situe en Perse sassanide. Au revers du pectoral, on trouve l'inscription « Artachshatar », correspondant au nom du roi perse Ardaschir I<sup>er</sup> († 241). Tombe de Wolfsheim, Mannheim, Allemagne, 1<sup>re</sup> moitié du v<sup>e</sup> siècle.

une activité artisanale lapidaire. Grâce à l'archéométrie, cette activité a été identifiée comme un maillon possible de la chaîne opératoire et commerciale de la production de bijoux cloisonnés.

## 1.1. Le cloisonné du Haut Moyen Âge

### 1.1.1. Le style cloisonné

Le cloisonné (**Figure 1**) est un style décoratif qui a été appliqué aux poignées et aux fourreaux des épées, ainsi qu'aux objets de parures et accessoires vestimentaires. Il est caractérisé par un réseau mosaïqué de cloisons en métal précieux, le plus souvent de l'or, dans lesquelles ont été insérées des plaquettes de grenats, pierres semi-précieuses de couleur rouge sang.

Ces grenats reposent sur des paillons, en l'occurrence des feuilles d'or ou plus fréquemment d'argent, parfois dorés, qui permettaient de réfléchir la lumière et de donner plus d'éclat à ces bijoux.

### 1.1.2. Diffusion du style via les Grandes migrations

La diffusion de ce style a fait l'objet de diverses hypothèses, mais on s'accorde sur le fait qu'il a été introduit en Europe lors des Grandes migrations par les peuples germaniques orientaux qui, fuyant les Huns, nomades asiatiques, se sont massés aux frontières de l'Empire romain avant d'y fonder, dans sa partie occidentale, des royaumes dits « barbares »<sup>3</sup>.

3. Kazansky et Perin, 1996.

### 1.1.3. Itinéraires du III<sup>e</sup> au VI<sup>e</sup> siècle

Le style cloisonné est originaire de la Perse sassanide, comme en témoigne notamment un pectoral en or découvert en 1870 à Wolfsheim, en Allemagne, dans une sépulture de la 1<sup>ère</sup> moitié du V<sup>e</sup> siècle. Celui-ci portait à son revers l'inscription gravée en perse, « Artachschar », qui correspond au nom du roi perse Ardaschir 1<sup>er</sup>, qui régna de 226 à 300 (**Figure 2**)<sup>4</sup>.

Adopté par les Alano-Sarmates, vassaux des Sassanides, le cloisonné se diffuse dans toute l'Europe aux IV<sup>e</sup> puis V<sup>e</sup> siècles où il devient omniprésent en Europe orientale et centrale, puis occidentale. Des réalisations très communes voisinent alors avec de véritables chefs d'œuvre, comme ceux qui ont été découverts en 1653 à Tournai (Belgique) dans la tombe du roi Childéric 1<sup>er</sup> († 482)<sup>5</sup>, père de Clovis, roi des Francs de 482 à 511. Des cloisonnés de très belle qualité ont notamment été mis au jour dans les sépultures mérovingiennes de la basilique de Saint-Denis, près de Paris, ou fut enterrée vers 580 la reine Arégonde, belle-fille de Clovis et mère du roi Chilpéric 1<sup>er</sup> (551-584)<sup>6</sup>.

Outre la Germanie et la Gaule mérovingienne, le style cloisonné marqua aussi le monde anglo-saxon, la Scandinavie, l'Espagne wisigothique, l'Italie ostrogothique puis lombarde, et même l'Afrique du nord vandale, comme l'illustrent

les bijoux de la tombe d'Arifridos, découverte dans l'église de *Thurburbo Majus*<sup>7</sup>. Ce style perdurera jusque vers 600 où, comme on va le voir, la rupture de l'approvisionnement de l'Europe en grenats en provenance d'Inde et du Sri Lanka marqua sa fin.

### 1.2. Les questions des ateliers et de la provenance

La quasi-totalité des objets cloisonnés a été retrouvée en contexte funéraire où ils accompagnaient dans la mort leurs porteurs. De ce fait ils n'étaient pas transmis, ce qui impliquait un approvisionnement continu et suffisant en grenats. Le cloisonné était dépendant des techniques proprement dites de l'orfèvrerie, notamment pour la réalisation des cloisons, mais aussi du travail de lapicides mettant en œuvre les grenats bruts pour produire des lamelles. Si, comme on va le voir, l'origine géographique des grenats est de mieux en mieux cernée, bien des incertitudes subsistent cependant quant à leur mode d'extraction, à la forme qu'ils revêtaient pour leur transport, aux ateliers qui les transformaient et à ceux qui réalisaient le travail d'orfèvrerie.

C'est en ce sens que les découvertes du Diana, à Alexandrie, sont exceptionnelles par les perspectives qu'elles offrent. Cet état de fait amène à s'interroger non seulement sur leur provenance, mais aussi sur la localisation des ateliers lapidaires.

4. Poly, 2016.

5. Kazansky et Perin 1996.

6. Perin et Calligaro, 2007.

7. Courtois, 1955.

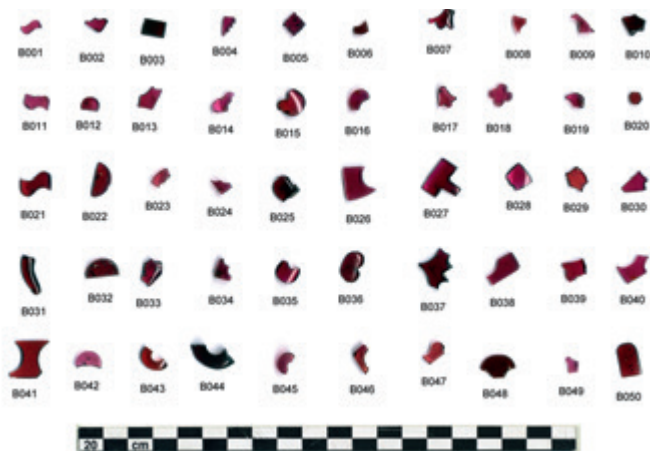


Figure 3

Cliché d'une partie du trésor de Carthage, fausse piste d'atelier.  
 Source : Périn et coll. (2009). *Antiquités Nationales*, 40 : 155-165.

### 1.2.1. Le faux exemple de l'atelier de Carthage

Vers 1900, un lot de grenats fut découvert à Carthage (Figure 3). Supposé d'époque vandale, il fut alors considéré comme le témoin d'un atelier d'orfèvrerie cloisonnée.



Figure 4

Carte des denrées et des routes commerciales et entre l'Inde et Alexandrie, selon la *Topographie chrétienne* de Cosmas Indicopleustès [d'après Roth H., 1980, *Almandinhandel und -verarbeitung im Bereich des Mittelmeeres, Allgemeine und Vergleichende Archäologie-Beiträge 2*, Munich, pp. 309-335].

Cependant, un réexamen récent au Laboratoire de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF) a montré qu'il s'agissait en fait de grenats grossièrement dessertis : ce dépôt était sans doute la conséquence d'un vol moderne impliquant la récupération sans soin du métal précieux des bijoux<sup>8</sup>.

### 1.2.2. Les sources écrites

Les sources écrites concernant le commerce durant cette période sont rares pour le Haut Moyen Âge (Figure 4). La principale est la *Topographie chrétienne* de Cosmas Indicopleustès, écrite au début du VI<sup>e</sup> siècle par un marchand d'Alexandrie. Cet ouvrage, à vocation principalement religieuse, apporte cependant de précieuses informations sur les routes maritimes qui permettaient des échanges commerciaux entre l'Inde et l'Égypte<sup>9</sup>. L'auteur y décrit les produits et denrées transportés, et fait notamment une première mention en Inde des grenats, sous l'appellation « *alabandenum* » qui est à l'origine du terme almandin. Ces faisceaux d'indices pointant vers la ville d'Alexandrie, il est temps de faire le point des découvertes qui y ont été faites ces dernières années.

### 1.3. Alexandrie, commerce et artisanat

Le Centre d'Études Alexandrines (CEAlex) étudie depuis plus de 25 ans le patrimoine alexandrin, à travers de nombreux projets et fouilles archéologiques

8. Calligaro, Perin et Sudres, 2010.  
 9. Wolska-Conus, 1962.

(Figure 5). Dans les années 1990, son équipe a eu la possibilité d'intervenir à plusieurs reprises au centre-ville, et principalement dans une zone réputée pour être, à l'époque ptolémaïque, dans le quartier du *Brucheion*, proche des palais royaux<sup>10</sup>. Ces travaux, associés aux résultats des fouilles d'autres équipes archéologiques, offrent un état des lieux des découvertes concernant l'Antiquité Tardive qui, en Égypte, s'achève en 641 avec la conquête arabe.

### 1.3.1. Témoignages archéologiques

Peu de sites archéologiques attestent l'existence d'activité artisanale dans les niveaux de l'Antiquité Tardive (Figure 6). Néanmoins les fouilles polonaises du site de *Kom el Dikka* ont révélé un atelier de perles de verre. Celui-ci est associé à divers matériaux trouvés en faible quantité et sous forme de déchets d'atelier : os travaillés, cristal de roche, améthystes, agate, corail<sup>11</sup>. Concernant les sites du CEALex, celui du *Lux* a révélé une riche collection d'os travaillés. Sur le site de *Fouad*, des os travaillés et du corail suggèrent la proximité d'un atelier<sup>12</sup>. Nous avons par ailleurs un témoignage écrit riche d'enseignements : le géologue allemand Oskar Schneider a publié en 1881 un ouvrage relatant son voyage en Égypte. Il y relate en particulier ses prospections sur le bord de mer d'Alexandrie à la recherche de minéraux qu'il collecte en surface. Le



Figure 5

Les fouilles du Centre d'Études Alexandrines.

Source : CEALex.

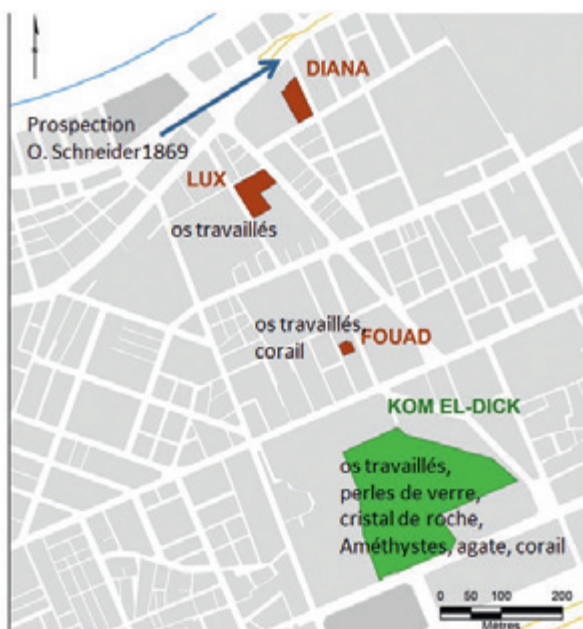


Figure 6

Les témoignages archéologiques d'activité artisanale de l'Antiquité Tardive à Alexandrie.

Source : CEALex.

10. Falaki, 1872.

11. Rodziewicz, 1984.

12. Rodziewicz, 2009.

géologue signale en particulier un secteur bien délimité d'Alexandrie, sur lequel il récupère divers échantillons de pierres précieuses : émeraudes, turquoises, lapis-lazuli, saphirs, grenats, etc. Cette curieuse concentration

de gemmes est en fait située à une cinquantaine de mètres au nord du chantier du Diana.

### 1.3.2. Le site du Diana

Situé au centre de la ville moderne, le site de 450 m<sup>2</sup> a fait l'objet, de 1994 à 1997, d'une opération archéologique qui s'est déroulée sur un total de 18 mois (Figure 7). Les niveaux fouillés attestent une occupation continue, du III<sup>e</sup> avant au VII<sup>e</sup> après J.-C. Plusieurs parcelles ont été identifiées, de part et d'autre d'un axe de circulation orienté Est/Ouest. Elles témoignent d'un contexte d'habitat urbain parfois associé à des activités commerciales<sup>13</sup>. Plusieurs phases s'y sont succédées, illustrées par des habitats privés, dont une domus romaine décorée de mosaïques<sup>14</sup>.

Durant l'Antiquité Tardive, une activité artisanale importante se développe dans le quartier qui est abandonnée au VII<sup>e</sup> siècle. Au IX<sup>e</sup> siècle, ce terrain sert littéralement de carrière de pierre lors de la construction du nouveau rempart. Ces récupérations sont matérialisées par de larges tranchées qui ont entamé les couches archéologiques sur plusieurs mètres de profondeur. Il en résulte un aspect morcelé et à l'interprétation délicate (Figure 8). Les niveaux qui nous intéressent constituent la dernière phase d'occupation du site.

#### Les ateliers de l'époque romaine tardive

À la fin du V<sup>e</sup> siècle, le quartier est occupé par des artisans, dont l'activité est attestée par



Figure 7

Site du Diana. Les parcelles et axes de circulation.

Source : CEALex.



Figure 8

Site du Diana, vue du Nord. Les niveaux archéologiques recoupés par les tranchées de récupération du IX<sup>e</sup> siècle.

Source : CEALex.

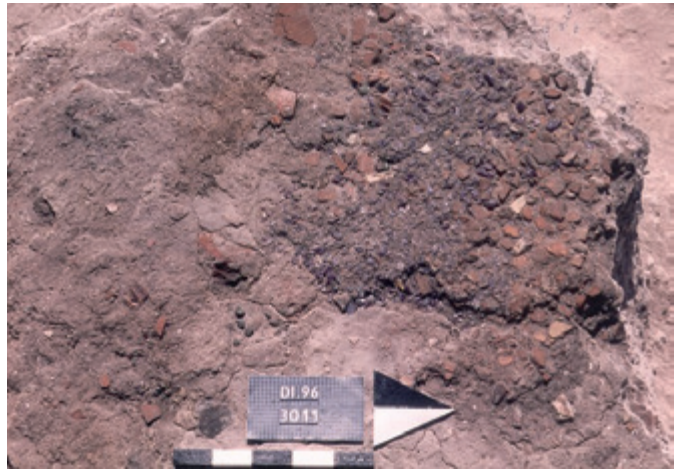
13. Rifa-Abou El Nil, 2011.

14. Rifa-Abou El Nil, 2016.

la diversité et la quantité du mobilier retrouvé (Figure 9). Elle semble consacrée à la taille de matières semi-précieuses, retrouvées à l'état de déchets de taille ou d'objets ébauchés.

**La collection**

Le mobilier mis au jour dans ces niveaux comprend plus de 3 000 objets correspondant à une quinzaine de matériaux semi-précieux (Figure 10) : ambre, améthyste, calcédoines, corail, cristal de roche, cristal fumé, émeraude, lapis-lazuli, verre et enfin grenat.



**Figure 9**

Site du Diana. Grenats et améthystes en contexte de découverte.

Source : CEALex.

**1.3.3. Les grenats du Diana**

Du fait de l'absence de références bibliographiques concernant les grenats de l'Antiquité tardive en Égypte, nous nous sommes tournés vers l'Europe pour des recherches comparatives. En effet, depuis la fin des années 1990, de nombreux travaux y ont été consacrés à l'orfèvrerie cloisonnée et aux grenats issus de la fouille de nécropoles mérovingiennes, avec de nombreuses analyses chimiques de ces gemmes. Dans cette perspective, le groupe de grenats alexandrins représentait un échantillonnage de comparaison non négligeable.

**Un corpus conséquent**

Le corpus du Diana (Figures 11 et 12) comprend 454 grenats, avec un poids total de 292 grammes. Des observations préliminaires permettent de les répartir en quatre grands groupes :

- les *grenats bruts* : cet ensemble concerne les pierres sur lesquelles nous n'avons pas identifié de trace de travail ;



**Figure 10**

Le corpus du site du Diana : plus de 3 000 objets répartis en 15 matières.

Source : CEALex.

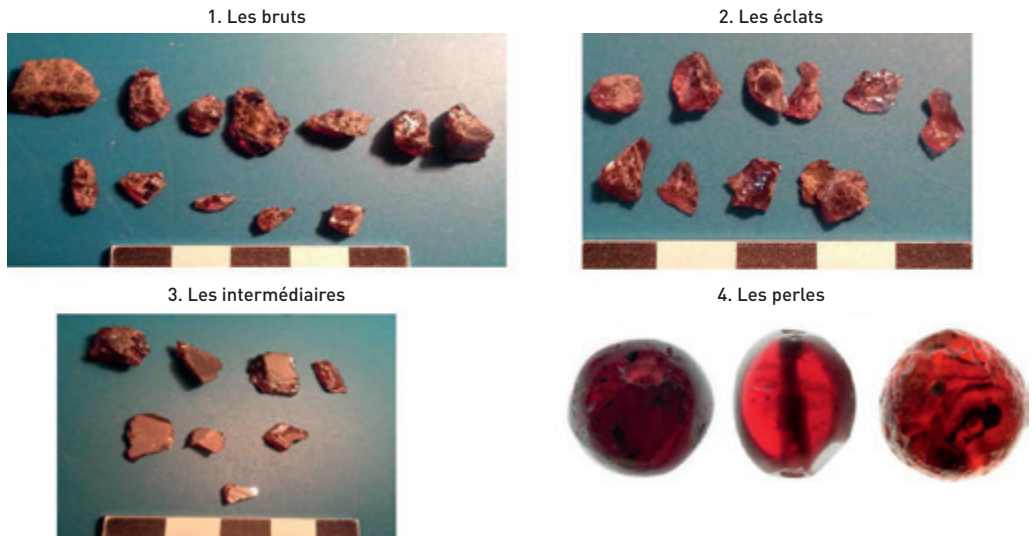


Figure 11

Répartition des grenats du site du Diana : les quatre premiers groupes.

Source : CEALex

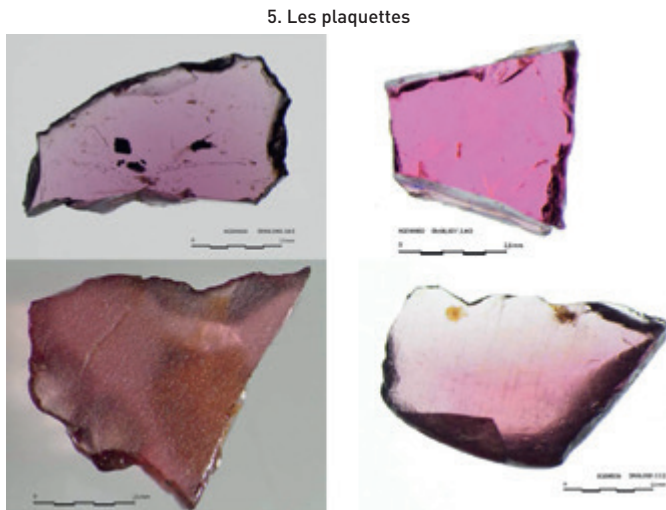


Figure 12

Cinquième groupe des grenats : les plaquettes translucides d'épaisseur entre 1 et 2 mm.

Source : CEALex.

- les *éclats* désignent des fragments de toute dimension, caractéristiques des déchets obtenus lors d'un travail de taille ;
- le groupe des « *intermédiaires* » comprend les pierres portant des traces d'outil et des marques de travail spé-

cifiques : un grand nombre présentent une ou deux faces planes, polies, et un traitement de litage de la pierre dont les faces sont taillées à plat ;

- les *perles*, au nombre de quatre, sont toutes de formes différentes ;

- les *plaquettes*, en l'occurrence une quinzaine de grenats d'épaisseur comprise entre 1,2 et 2,2 mm, avec une face au poli mat, ou parfois de qualité miroir.

Ce travail en plaquettes constitue en soi une signature particulière qui, comme nous allons le voir, nous renvoie au style cloisonné. Les contextes archéologiques correspondant à ces dépôts de grenats ne manquent pas d'intérêt.

#### 1.3.4. Le contexte archéologique

Les grenats du Diana constituent un corpus important, illustrant toutes les étapes



d'un travail de taille et qui suppose l'existence d'au moins un atelier à proximité. Dans la réflexion sur ces contextes d'atelier, deux principaux critères ont été retenus. Le premier concerne les sols en place associés à ces matières semi-précieuses. Le second suppose la présence de grenats illustrant au moins deux étapes de la taille et incluant des plaquettes en cours de réalisation. On a pu ainsi mettre en évidence plusieurs concentrations, réparties en deux phases d'activité.

### Phase 1, *v<sup>e</sup>* siècle (Figure 13)

Il est important de rappeler ici les perturbations importantes des niveaux archéologiques de ce site, à l'origine de son aspect morcelé, et les faibles dimensions des îlots stratigraphiques fouillés. Cependant, les grenats ont pu être observés partout autour des voies. Les ensembles comprennent toujours soit une plaquette, soit au moins deux étapes distinctes du travail de taille. Concernant cette phase, une forte concentration se distingue au sud-ouest, où 70 % des grenats ont été découverts en vrac sur une superficie d'environ 2 m<sup>2</sup>.

### Phase 2 (Figure 14)

Cette seconde phase est caractérisée par le fait que les artisans occupent le site sur une zone bien plus restreinte, qui se limite à la rue et à ses abords immédiats. Ils se remettent au travail sur une période assez longue pour générer deux niveaux d'occupation distincts, les deux niveaux d'occupation comportant des grenats en lamelles.



Figure 13

Site du Diana. Répartition des grenats durant la phase 1.

Source : CEALex.

On constate alors une réduction importante du nombre de grenats qui sont désormais associés à d'autres matières premières. Mais les grenats en plaquettes sont toujours présents.

## 2 L'étude des grenats du site du Diana

Les grenats du site du Diana prennent un relief particulier lorsqu'on les rapproche des grenats employés à la même

Figure 14

Site du Diana. Répartition des grenats durant la phase 2.

Source : CEALex.



période dans le style cloisonné mérovingien d'Europe occidentale. En effet, ces derniers font depuis un demi-siècle l'objet de recherches dans le but de déterminer leur provenance, leur réseau de circulation et la localisation des ateliers de mise en forme. Le fait que des grenats particuliers ont été employés partout en Europe plaide, de notre point de vue, en faveur de l'existence de grands comptoirs de distribution, possiblement en Méditerranée. Le site du Diana pourrait être la première preuve d'un tel atelier lapidaire.

### 2.1. Chimie des grenats des objets mérovingiens

Dès la fin du  $\text{XIX}^{\text{e}}$  siècle, l'étude des incrustations rouges du style cloisonné mérovingien a montré qu'il s'agissait presque toujours de grenats, le verre rouge étant exceptionnel<sup>15</sup>. Les grenats sont des minéraux possédant les qualités attendues d'une gemme : grande dureté assurant pérennité, bonne transparence et indice de réfraction élevé leur procurant un bel éclat, combiné à une couleur attrayante, en l'occurrence un rouge écarlate<sup>16</sup>. En revanche, contrairement à la majorité des pierres précieuses, leur composition chimique n'est pas univoque. La formule chimique générale de ce minéral de symétrie cubique est  $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$ , où l'ion divalent A est un ion  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  ou  $\text{Fe}^{2+}$ , et l'ion trivalent B<sup>3+</sup>, un ion  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$ , chaque combinaison définissant un pôle

pur minéralogique<sup>17</sup>. La série la plus courante est celle des grenats alumineux (B=Al), qui comporte les pôles *pyrope*  $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ , *almandin*  $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$  et *spessartite*  $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ . Les grenats naturels sont une solution solide de ces pôles, dont les proportions dépendent du métamorphisme de formation (composition des roches environnantes, pression et température). La composition des grenats archéologiques varie généralement entre les pôles *pyrope* et *almandin* ; elle constitue une signature que l'on peut exploiter pour en déterminer la provenance.

Un vaste programme d'analyse des grenats du style cloisonné mérovingien a été lancé en 1999, d'abord sur les grenats d'accessoires vestimentaires provenant des tombes aristocratiques mérovingiennes de la basilique de Saint-Denis<sup>18</sup>, puis, au vu des résultats obtenus, a été étendu à de nombreux objets mérovingiens des collections des musées ou de fouilles récentes en France<sup>19</sup>. Depuis, les grenats d'objets de collections archéologiques de plusieurs pays d'Europe (Allemagne, Pays-Bas, Angleterre, Roumanie, république Tchèque) ont été analysés au C2RMF selon le même protocole<sup>20</sup>. Les grenats ont été caractérisés à l'aide de deux méthodes non-destructives, rapides et performantes, qui s'appliquent directement aux grenats montés sur les

15. de Linas, 1864.

16. O'Donoghue, 2006.

17. Deer, Howie et Zussman, 1982.

18. Calligaro, Colinart, Poirot et Sudres, 2002.

19. Calligaro, Périn, Vallet et Poirot, 2007.

20. Calligaro et Périn, 2019.

objets archéologiques. La première est l'*analyse par méthode PIXE (émission de rayons X par particules accélérées)* mise en œuvre avec l'accélérateur de particules AGLAE<sup>21</sup>, qui permet de déterminer la concentration des éléments chimiques des grenats. La bonne précision de cette méthode permet de déterminer la proportion des pôles et sa bonne sensibilité de mesurer les éléments à l'état de trace. La deuxième méthode est la *caractérisation des inclusions par micro-spectrométrie Raman et micro-PIXE*. Le spectre Raman permet d'identifier le minéral et l'analyse micro-PIXE de déterminer la composition chimique des inclusions situées à moins de 15 µm sous la surface.

L'efficacité de cette approche a permis d'analyser un grand nombre de grenats archéologiques (plus de 5 000 à l'heure actuelle) et de constituer la plus grande base de données géochimique dans le domaine, ce qui confère un poids statistique considérable à l'interprétation des résultats.

Les grenats étant des minéraux très répandus, la comparaison avec leurs innombrables sources est impossible. Les grenats archéologiques ont été caractérisés en priorité (composition en pôles purs, en éléments traces, inventaire des inclusions, dimensions, etc.). Cette étape a permis de les classer en groupes bien distincts. L'évolution de l'emploi de ces groupes au cours de la période mérovingienne a pu être établie en se basant sur la datation typo-chronologique

fine des objets archéologiques<sup>22</sup>. La composition chimique et le catalogue des inclusions de ces groupes ont été utilisés comme critères pour sélectionner, parmi les sources géologiques possibles, celles présentant un profil comparable. C'est avec ce nombre restreint de sources de grenats qu'une comparaison plus fine a été menée, afin de proposer celles qui étaient à l'origine des grenats mérovingiens. Les collections de minéralogie ne possédant pas toujours de grenats provenant des sources les plus significatives, nous les avons complétées avec des grenats collectés au cours de missions de terrain en Inde en 2011, 2012 et 2013, au Portugal en 2016 et au Sri Lanka en 2017.

## 2.2. Six types de grenats archéologiques

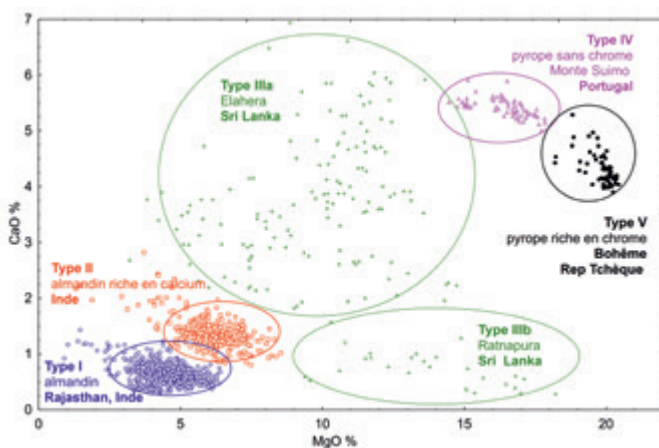
Le diagramme de composition du calcium en fonction du magnésium (**Figure 15**) met clairement en évidence la présence de six groupes de

**Figure 15**

Diagramme CaO en fonction de MgO mettant en évidence les six types de grenats identifiés pour les objets mérovingiens (Types I, II, IIIa, IIIb, IV et V).

Source : C2RMF.

22. Legoux, Périn et Vallet, 2016.



21. Dran, Calligaro et Salomon, 2000.

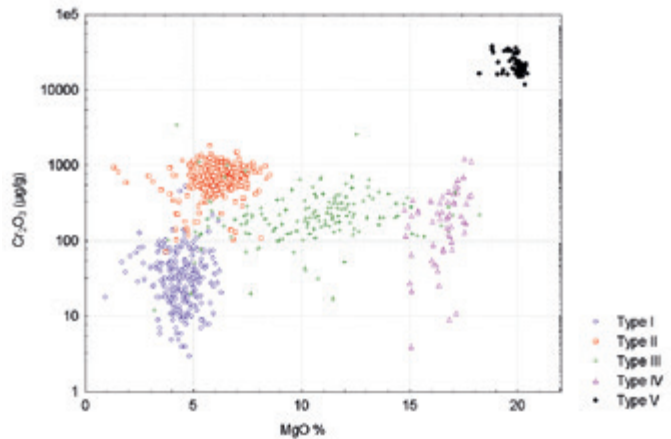
grenats, dénommés *Types I, II, IIIa, IIIb, IV* et *V*. Ces groupes sont observés en considérant d'autres éléments chimiques, par exemple le chrome et l'yttrium (**Figures 16 et 17**). Il s'agit d'un résultat remarquable, compte tenu de l'étendue de la zone géographique (de la France à la Roumanie, de l'Allemagne à l'Angleterre) et de l'amplitude de la période couverte (du milieu du *v<sup>e</sup>* au début du *viii<sup>e</sup>* siècle). Les caractéristiques des six types de grenats employés et leur fréquence d'apparition dans les objets sont données au **Tableau 1**. Une évolution

frappante apparaît sur l'ensemble de la période. Les grenats des *Types I, II* et *III* (ces derniers moins nombreux) sont largement majoritaires jusque vers 600, et comme on le verra plus bas, proviennent d'Inde et du Sri Lanka (**Figure 18**). Ils cèdent la place aux grenats de *Types IV* et *V* d'origine Européenne (Bohême et Portugal). D'intéressantes corrélations entre les six types de grenats sont notées au sein des objets. Les *Types I* et *II* sont très souvent associés dans le même objet ; il en est de même des *Types IV* et *V*. Par contre le mélange d'almandins

**Figure 16**

Diagramme  $Cr_2O_3$  en fonction de  $MgO$ , confirmant la présence des différents types de grenats archéologiques. Le chrome permet notamment de distinguer les pyropes des *Types IV* et *V*.

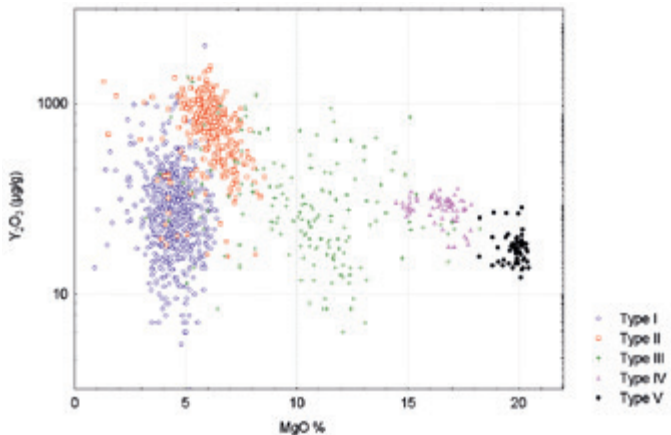
Source : C2RMF.



**Figure 17**

Diagramme  $Y_2O_3$  en fonction de  $MgO$ , confirmant la présence de différents types de grenats archéologiques. L'yttrium permet aussi de séparer les *Types I* et *II*.

Source : C2RMF.



	Type I		Type II		Type IIIa		Type IIIb		Type IV		Type V	
population	48 %		32 %		6 %		2 %		5 %		7 %	
gisement/ mine Pays confiance	Tonk Rajasthan, Inde ****		? Inde *		Elahera Sri Lanka ***		Ratnapura Sri Lanka **		Monte Suimo Portugal ***		Massif de Bohême Rep. Tchèque ****	
oxydes	moyenne	$\sigma$	moyenne	$\sigma$	moyenne	$\sigma$	moyenne	$\sigma$	moyenne	$\sigma$	moyenne	$\sigma$
SiO <sub>2</sub>	36,0	1,2	37,3	0,8	40,3	1,1	38,2	1,1	41,2	0,8	41,5	0,7
TiO <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,04	0,45	0,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,8	1,2	21,5	0,7	22,4	0,6	21,3	0,6	23,1	0,4	21,6	0,6
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0	0,0	0,06	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,7
FeO	37,5	2,2	32,1	1,5	19,7	2,6	25,7	2,6	12,7	1,6	8,9	0,5
MnO	0,4	0,5	1,2	0,9	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,03	0,3	0,03
MgO	4,4	0,7	6,2	0,9	12,7	2,3	12,3	2,3	16,3	0,9	19,8	0,5
CaO	0,7	0,3	1,4	0,6	3,0	1,5	1,3	1,5	5,4	0,2	4,3	0,28

de Types I et II et de pyropes Type IV et V est exceptionnel. Les proportions Type I/Type II et Type IV/Type V sont toutefois variables d'un objet à l'autre. Les Types IIIa et IIIb, en plus petit nombre, sont généralement associés aux almandins. Les grenats de Type I et II ont une proportion de pôle almandin dominante et se

distinguent par une teneur différente en Mg et Ca. Ce sont les plus communs dans le cloisonné mérovingien (50 et 30 % respectivement). Ils sont très répandus et leurs sources potentielles nombreuses<sup>23</sup>, notamment en Europe (Alpes, Pyrénées, Sierra Nevada,

<sup>23</sup>. Gilg, Hyršl, 2015.

Tableau 1

Composition des six types de grenats archéologiques mérovingiens. Les valeurs sont en % et  $\sigma$  est l'écart-type.

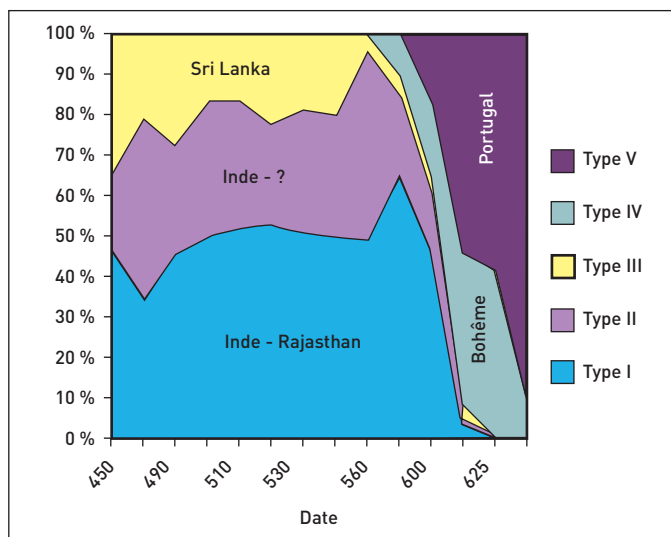


Figure 18

Évolution des types de grenats employés au cours de la période mérovingienne. Les grenats pyrope d'Asie du Sud-Est (Inde et Sri Lanka) disparaissent vers 600 et sont remplacés par des pyropes d'Europe (Bohême et Portugal).

Source : C2RMF.

etc.), mais aussi en Asie (Inde, Sri Lanka)<sup>24</sup>. Un indice permet toutefois de trancher sur l'origine du *Type I* : parmi les rares inclusions qu'ils présentent, on note de microscopiques inclusions radioactives rondes. L'analyse PIXE montre qu'elles contiennent de l'uranium et du plomb résultant de sa désintégration radioactive. Le rapport Pb/U date leur formation à 1 500 Ma (Protérozoïque moyen). Toutes les formations géologiques d'Europe comportant des grenats, datant d'une époque postérieure, sont à écarter. Par contre, les grenats rapportés des placers de Tonk dans le massif de l'Aravalli au Rajasthan, une formation datée du Protérozoïque, présentent une composition identique au *Type I* et des inclusions radioactives. La source du *Type II* n'a pas encore été localisée. Une particularité de ce type des grenats est la présence de nombreuses inclusions, notamment de sillimanite en forme d'aiguilles courbes transparentes. Très souvent associés au *Type I* dans les objets mérovingiens, on peut émettre l'hypothèse que le *Type II* provienne aussi d'Inde. Cela corrobore la *Topographie chrétienne*, texte de Cosmas Indicopleustes, datant du VI<sup>e</sup> siècle, qui mentionne que les grenats almandins étaient importés du sud de l'Inde<sup>25</sup>.

Les *Types IIIa* et *IIIb* sont des grenats de composition intermédiaire entre pyrope et almandins. Ils forment un nuage assez dispersé entre

les groupes beaucoup plus resserrés des *Types I* et *II* d'une part et des *Types IV* et *V* d'autre part. Les analyses nous ont conduits à scinder le *Type III* en deux sous-groupes, *IIIa* et *IIIb*, sur la base de leurs concentrations en CaO : 4 % pour le *Type IIIa* et 1,3 % pour le *Type IIIb*. Le *Type IIIa* est semblable aux grenats du Sri Lanka, en particulier ceux exploités à Elahera au centre de l'île, ce qui a été confirmé par l'analyse des grenats archéologiques provenant du Sri Lanka et de grenats de référence rapportés de mission<sup>26</sup>. Le *Type IIIb* correspondrait à d'autres gisements gemmifères près de Ratnapura, au sud de l'île. Il est à noter que le *Type III* est celui employé dans les colliers, pendants et intailles de la période Romaine.

Les *Types IV* et *V* correspondent à deux sortes de pyropes qui se distinguent par leur teneur en chrome : le *Type V* comporte jusqu'à 5 % de chrome alors que le *Type IV* n'en contient pas. La source évidente du *Type V* est le massif de Bohême (République Tchèque), leur composition coïncidant remarquablement avec des pyropes de référence de Bohême. Ces grenats sont dominants à partir de 600, mais leur présence a été récemment mise en évidence sur des objets précoces de Roumanie (V<sup>e</sup> siècle)<sup>27</sup> et dans les garnitures cloisonnées du « trésor de Childéric » du Cabinet des médailles de la Bibliothèque Nationale de

24. Quast et Schüssler, 2000.

25. Wolska-Conus, 1962.

26. Schüssler, Rösch et Hock, 2001.

27. Bugoi, Oanta-Marghitu et Calligaro, 2016.

France<sup>28</sup>. Apparaissant en même temps que le *Type V*, le *Type IV* a été identifié la première fois dans les objets de tombes de la fin du vi<sup>e</sup> siècle de la basilique de Saint-Denis<sup>5</sup>, ainsi que dans les lettres de la couronne de Receswinthe (†672) du trésor wisigothique de Guarrazar en Espagne<sup>29</sup>. Comme les grenats de *Type IV* sont presque toujours associés au *Type V* de Bohême, on peut émettre l'hypothèse d'une origine européenne commune. Parmi les sources suggérées<sup>30</sup>, la mine de *Monte Suimo* près de Lisbonne au Portugal, mentionnée par Pline l'Ancien<sup>31</sup>, constitue une piste très plausible. L'analyse de grenats bruts collectés lors d'une mission de terrain sur ce site archéologique a livré des compositions en excellent accord avec le *Type IV*.

Sur la base de l'analyse des grenats archéologiques, il semble clair que les orfèvres européens du Haut Moyen-Âge n'ont bénéficié que de *six sources d'approvisionnement en grenats* : trois en Inde, une ou deux au Rajasthan, deux au Sri Lanka et deux en Europe dont une en Bohême et une au Portugal. Il est tout à fait remarquable que ce schéma se répète dans tous les pays d'Europe où des grenats ont pu être analysés.

D'autre part, il est bien établi archéologiquement que les grenats d'Extrême-Orient ont cessé d'arriver en Occident à partir de la fin du vi<sup>e</sup> siècle, où le cloisonné va disparaître

faute de grenats adaptés, certains ayant été dessertis et réutilisés, par manque de matière première. Le recours à des grenats européens ne s'est pas alors avéré concluant du fait de la relative petite taille des gemmes qui ne permettait pas de réaliser un cloisonné couvrant.

### 2.3. Étude des grenats du Diana

Quarante-deux grenats ont été sélectionnés en fonction de leur forme parmi les 454 grenats des fouilles du Diana. Chacun présente au moins une marque de mise en forme (trace d'impact ou face taillée). Leur étude a été menée au laboratoire du CEALex sous la supervision de l'archéologue Valérie Pichot.

#### 2.3.1. Examen des grenats

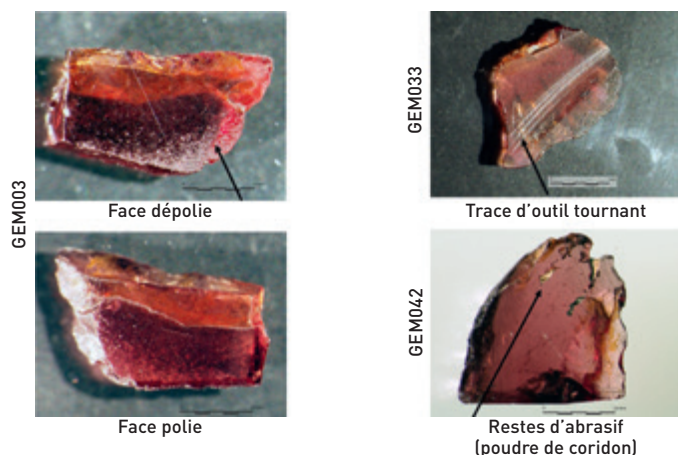
Les marques et indices de mise en forme des grenats ainsi que leurs inclusions ont été examinées à la loupe binoculaire. La présence de découpes planes résultant d'un sciage ou d'un polissage est frappante. La surface d'un grenat présente des traces courbes correspondant à outil rotatif d'un diamètre estimé à 20 cm (scie ou disque de polissage) et des restes d'abrasifs ont été mis en évidence dans des anfractuosités (**Figure 19**). L'examen et l'analyse au microscope électronique montre qu'il s'agit d'une poudre très fine de corindon (alumine) et de silice, abrasif traditionnellement employé dans le travail des pierres dures. Ces indices correspondent à coup sûr à un travail de mise en forme dans un atelier lapidaire.

28. Medino, 2016.

29. Guerra et Calligaro, 2007.

30. Gilg, Gast et Calligaro, 2010.

31. de Saint-Denis, 1972.



**Figure 19**

Aspect des grenats en plaquettes. À gauche, la plaquette présente une face polie et l'autre non polie. En haut à droite, traces d'outil tournant (scie ou disque à polir).

Source : C2RMF.

Dans certains cas, les grenats présentent deux faces parallèles avec une épaisseur variant de 1 à 2 mm, constituant une sorte de plaquette assez grossière (Figure 19). Une telle forme ne correspond pas aux incrustations de bijoux antiques, qui sont habituellement courbes et plus épaisses, en perle ou en cabochon, avec un éventuel plat destiné aux intailles, mais dont les bords sont toujours arrondis. Ils seraient plutôt l'ébauche des fines lamelles polies sur les deux faces employées dans le cloisonné merovingien. Curieusement, plusieurs plaquettes présentent une face polie et l'autre non polie. Une explication serait que la face polie permettait d'examiner l'intérieur du grenat pour juger s'il est suffisamment propre (c'est-à-dire exempt d'inclusions ou d'autres défauts) pour être travaillé plus avant ou au contraire être rejeté. En effet, il est très difficile d'estimer *a priori* la pureté d'une gemme sous sa forme brute. On remarque aussi que le contour des plaquettes est laissé brut. Dans l'hypothèse où elle serait

employée dans un cloisonné, le pourtour de la plaquette devait être taillé à la forme de la cellule de destination.

### 2.3.2. Analyse chimique

L'analyse chimique a été effectuée *in situ* à l'aide d'une méthode de terrain, à savoir l'analyse par fluorescence de rayons X avec un équipement portable (p-XRF), en l'occurrence un instrument NITON XI3t GOLDD<sup>32</sup>. Cette méthode est moins précise que la méthode PIXE, surtout pour la mesure des éléments légers comme le Mg, et présente parfois quelques artefacts qui obligent à reprendre les mesures sur une autre zone. L'analyse quantitative a été obtenue en mode « mining » avec un spot d'analyse de 3 mm de diamètre, qui convient aux grenats mesurant de 5 à plus de 10 mm. La surface de chaque grenat a été exposée pendant 3 minutes aux rayons X émis par le tube sous une tension de 8 et 20 kV et une intensité de 200 µA. Un flux de gaz hélium a été maintenu entre le grenat et l'instrument pour évacuer l'air ambiant et permettre la mesure du magnésium qui constitue le pôle pyrope. Les deux bouteilles d'hélium ont permis trois jours d'analyse. Les spectres ont été inspectés individuellement pour traquer de possibles artefacts de mesure et réitérer les analyses en cas de problème. Les résultats quantitatifs concernent les concentrations en éléments Mg, Al, Si, Ca, Ti, Cr, V, Mn et Fe. L'analyse régulière de grenats de référence déjà

32. Shugar et Mass, 2012.

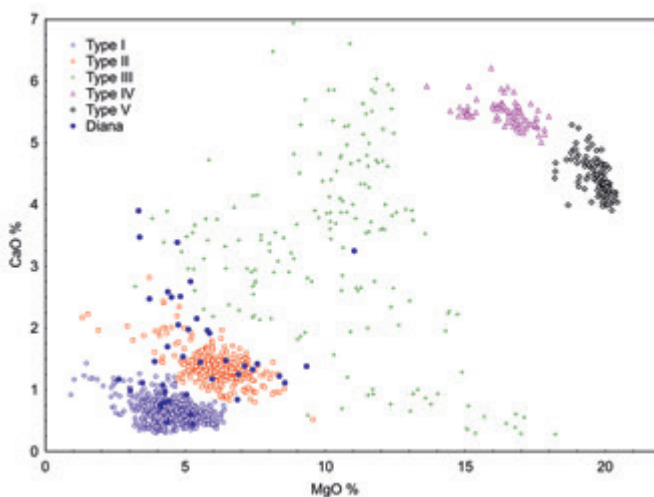


analysés par méthode PIXE permet de vérifier la quantité des résultats obtenus sur les grenats archéologiques.

Comme on le constate dans le diagramme de composition CaO vs MgO (Figure 20), la composition des grenats du Diana correspond majoritairement aux Types I et II (avec quelques spécimens de Type IIIa), c'est-à-dire les types de grenats d'Inde et du Sri Lanka les plus employés dans le cloisonné mérovingien. Le Tableau 2 donne la composition des grenats du Diana et leur classification selon les six types archéologiques obtenue par l'application de la méthode statistique de l'analyse discriminante.

### 2.3.3. Inclusions minérales

L'examen des inclusions a été effectué à la loupe binoculaire en immergeant les grenats sous quelques millimètres d'eau pour ne pas être gêné par le dépoli de leur surface (sans risque pour les grenats). Les inclusions observées dans les grenats du Diana correspondent tout à fait à celles attendues en fonction du type déterminé par p-XRF. Par exemple, dans des grenats



classés Type I, on note la présence d'inclusions radioactives (petite inclusion ronde avec halo pléochroïque) et de zircons (Figure 21). Dans ceux classés en Type II, on observe des aiguilles transparentes courbes interprétées comme des inclusions de sillimanite et de nombreuses aiguilles de rutile. Rappelons que les inclusions rondes radioactives n'ont été observées, à notre connaissance, que dans les grenats archéologiques de Type I des collections mérovingiennes et dans une source particulière du Rajasthan en Inde.

Figure 20

Composition des grenats du Diana (disques bleu foncé). À l'exception d'un grenat classé Type IIIa, tous sont de Type I (cercles bleus) ou de Type II (carrés rouges), provenant d'Inde.

Source : C2RMF.

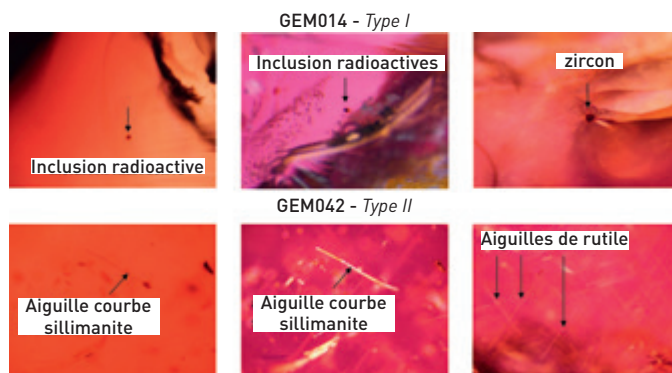


Figure 21

En haut, inclusions dans un grenat identifié Type I (p-XRF). On note la présence d'inclusions radioactives rondes avec halo pléochroïque et d'un zircon. En bas, inclusions dans un grenats identifié Type II (p-XRF). Aiguilles courbes identifiées visuellement comme de la sillimanite et des aiguilles de rutile.

Source : C2RMF.

inv	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Type
G0005	4,71	20,76	34,44	3,39	0,04	0,41	0,66	35,76	2
G0022	3,46	20,14	34,35	1,11	0,00	0,04	1,93	38,86	2
G0020	3,33	19,47	32,77	3,90	0,54	0,06	1,35	38,27	2
G0032	3,71	21,87	32,90	2,47	0,05	0,11	0,88	37,91	2
G0033	5,95	21,75	33,91	1,18	0,04	0,08	1,16	35,75	2
G0031	5,86	20,87	36,52	1,92	0,00	0,11	2,47	32,18	2
G0006	3,90	20,14	33,34	1,46	0,00	0,05	0,55	40,40	1
G0034	5,79	21,16	34,44	1,96	0,19	0,15	2,46	33,67	2
G0019	11,03	19,64	40,57	3,25	0,00	0,05	0,45	24,80	3
G0007	5,54	24,20	29,43	1,45	0,00	0,19	1,80	37,36	2
G0023	5,41	23,40	29,35	2,15	0,83	0,26	2,73	35,95	2
G0042	2,62	17,56	42,37	1,17	0,02	0,10	8,38	27,77	2
G0008	4,12	21,60	34,74	0,71	0,03	0,10	0,08	38,40	1
G0018	4,91	20,29	34,18	1,54	0,00	0,05	0,00	38,88	1
G0017	4,50	20,88	33,17	2,50	0,08	0,06	0,08	38,24	1
G0016	4,11	20,47	35,46	0,76	0,00	0,04	0,20	38,85	1
G0015	3,03	20,27	30,03	0,99	0,00	0,04	0,42	44,76	1
G0013	4,34	21,88	35,22	0,47	0,00	0,00	0,00	37,99	1
G0012	4,24	22,30	34,53	0,79	0,00	0,04	0,09	37,79	1
G0011	4,40	22,58	32,89	0,81	0,00	0,08	0,09	38,98	1
G0010	4,38	20,93	34,02	2,59	0,04	0,04	0,48	37,21	2
G0009	4,19	23,82	33,35	1,08	0,04	0,04	0,65	36,45	1
G0027	7,57	23,11	35,07	1,42	0,00	0,10	0,70	32,02	2
G0028	8,55	22,85	36,02	1,11	0,24	0,11	0,67	30,48	2
G0026	7,11	21,30	37,22	1,39	0,00	0,12	0,83	31,96	2
G0030	6,89	22,46	35,31	1,25	0,06	0,11	1,24	32,79	2
G0002	5,04	21,22	35,96	0,92	0,00	0,02	0,32	36,38	1
G0014	5,27	23,83	32,91	0,45	0,04	0,13	0,00	37,36	1
G0004	4,82	21,98	34,84	2,51	0,05	0,02	0,17	35,46	1
G0003	4,26	21,42	36,13	0,97	0,00	0,11	0,29	36,75	1
G0001	4,74	21,13	33,37	2,05	0,00	0,10	0,06	38,30	1
G0021	3,36	19,03	31,91	3,48	0,18	0,05	1,40	40,40	2
G0025	5,10	21,81	33,60	1,98	0,73	0,04	0,17	36,44	1
G0029	5,18	22,60	34,24	2,75	0,05	0,05	0,31	34,61	2
G0036	7,40	21,77	35,82	1,33	0,00	0,07	0,67	32,84	2

Tableau 2

Composition des grenats du Diana en % de poids d'oxyde. Le type est déterminé en appliquant une analyse discriminante à ces compositions et celles des 5 000 grenats déterminée par PIXE. À l'exception d'un grenat de Type IIIa, ils sont attribués aux Type I ou II.

## Conclusion

Les deux phases de travail mises en évidence dans les niveaux de l'Antiquité tardive du Diana concernent une activité de taille et de production de plaquettes de grenats, ce qui permet de supposer que les artisans ont un débouché commercial. D'autre part, il est important de souligner qu'il s'agit d'ateliers de lapicides, sans témoins d'une activité d'orfèvrerie.

Ces découvertes et la présence de plaquettes nous ont motivé une étude archéométrique détaillée des grenats au CEALex. En effet, le grenat a été massivement employé dans les objets de style cloisonné pendant la période mérovingienne, et ses circuits d'approvisionnement à longue distance font l'objet de recherches.

Les résultats obtenus soulignent la similitude entre les grenats du Diana et ceux du style cloisonné d'Europe : forme, composition, inclusions. Ils correspondent remarquablement à ceux importés d'Asie (Inde et Sri Lanka) jusqu'à la fin du <sup>vi</sup> siècle (*types I, II et III*) et sont très différents de ceux employés ultérieurement dont la source est en Europe (Bohême et

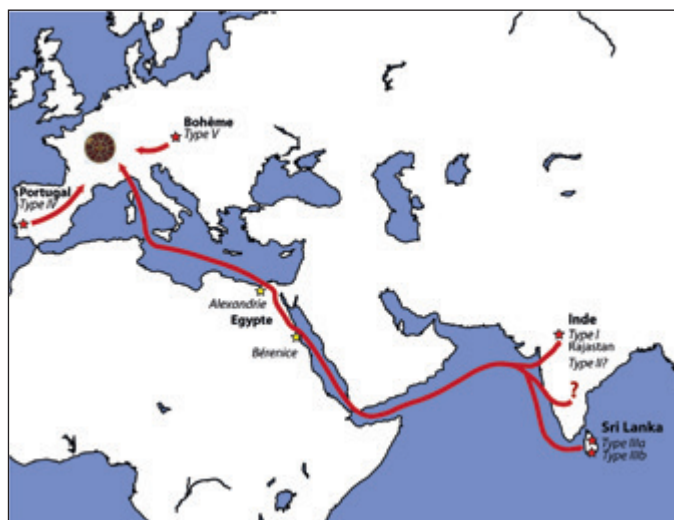


Figure 22

Circuits d'approvisionnement en grenats au cours de la période mérovingienne.

Source : C2RMF.

Portugal). La datation du travail des lapicides du Diana serait très intéressante, en particulier compte tenu du tarissement de l'importation des grenats asiatiques observé sur les objets vers 600, et du fait que le commerce provenant de l'Asie en direction de l'Égypte, notamment par Bérénice, aurait péréclité autour de cette période (**Figure 22**).

Ces résultats se basent sur l'étude de 42 grenats qui ne représentent que 10 % du corpus découvert au Diana. Une campagne d'analyse complémentaire permettra d'asseoir ces conclusions ou de faire évoluer cette première interprétation.

#### POUR EN SAVOIR PLUS

- Calligaro T., Périn P. et Sudres C. (2010). À propos du « trésor de grenats de Carthage », attribué à l'époque vandale, *Antiquités nationales*, 40 : 155-165.
- Calligaro T., Périn P., Vallet F. et Poirot J.-P. (2007). Contribution à l'étude des grenats mérovingiens (Basilique de Saint-Denis et autres collections du musée d'Archéologie nationale, diverses collections publiques et objets de fouilles récentes). Nouvelles analyses gemmologiques et géochimiques effectuées au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, *Antiquités nationales*, 38 : 111-144.
- Calligaro T. et Périn P. (2019). Le commerce des grenats à l'époque mérovingienne, *Archéopages*, hors série n° 5, 109-120.
- Rifa-Abou El Nil P. (2011). Chantier du Diana : circulation de l'eau dans un quartier de l'Antiquité tardive, dans I. Hairy (dir.), *Du Nil à Alexandrie : Histoires d'eaux, Catalogue d'exposition, Le Mans, Musée de Tessé, Alexandrie, CEALex*, 378-391.
- Rifa-Abou El Nil P. (2016). Les maisons romaines du Théâtre Diana, dans *Dossiers d'Archéologie*, n° 374, 32-33.