

Paléontologie humaine et préhistoire

# Détermination de provenance d'une sélection d'obsidiennes du palais minoen de Malia (Crète)

Ludovic Bellot-Gurlet<sup>a,\*</sup>, Olivier Pelon<sup>b</sup>, Michel Louis Sfériadès<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire de dynamique, interaction et réactivité (LADIR), UMR 7075 CNRS et université Pierre-et-Marie-Curie Paris 6, 2, rue Henry-Dunant, 94320 Thiais, France*

<sup>b</sup> *Maison de l'Orient méditerranéen, université de Lyon 2, France*

<sup>c</sup> *Ministère de la culture, laboratoire d'anthropologie, UMR 6566, CNRS, universités Rennes 1, Rennes 2 et Nantes, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France*

Reçu le 8 février 2008 ; accepté après révision le 9 juillet 2008

Disponible sur Internet le 7 septembre 2008

Présenté par Philippe Taquet

## Résumé

Les fouilles archéologiques du palais de Malia ont livré une importante collection d'obsidiennes taillées dans les niveaux Minoen Ancien II à Minoen Moyen II. Quelques-unes de ces pièces se distinguent par leur apparence visuelle, des obsidiennes issues des sources égéennes de Mélos et Gyali. Afin de déterminer précisément la provenance de ces matériaux, des analyses non destructives par *particle induced X-ray emission* (PIXE) ont été réalisées sur une sélection de 31 pièces. Comme pressenti, les sources sont surtout égéennes pour la grande majorité des pièces (25) attribuée aux sources de Mélos (Sta Nychia : 21 ; Demenegaki : 4) et une pièce qui correspond à l'île de Gyali. L'originalité réside dans l'identification au Minoen Ancien II de Malia de cinq artefacts en provenance de Cappadoce, avec quatre échantillons du Göllü Dağ et pour la première fois dans le domaine égéen, d'une obsidienne du volcan Nenezi Dağ. **Pour citer cet article : L. Bellot-Gurlet et al., C. R. Palevol 7 (2008).**

© 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

**Provenance study of some obsidians from the Malia Minoan palace (Crete).** Excavation of Malia Palace (Crete) had delivered a large collection of obsidian artefacts from Ancient Minoan II to Middle Minoan II levels. Among these artefacts, some present visual macroscopic characteristics distinct from Aegean raw materials from Melos and Gyali islands. To determine the provenance of these obsidians, non-destructive analysis by particle induced X-ray emission (PIXE) were realised from a sampling of 31 artefacts. As suspected, the sources recognised are mainly Aegean, with the larger part (25 artefacts) identifiable to Melos sources (Sta Nychia: 21; Demenegaki: 4) and one piece to the Gyali island. The originality lies in the identification at Malia for the Ancient Minoan II levels of five artefacts attributed to Cappadocian sources, with four pieces coming from the Göllü Dağ volcanic complex and for the first time in the Aegean area, of one obsidian artefact ascribed to the Nenezi Dağ volcano. **To cite this article: L. Bellot-Gurlet et al., C. R. Palevol 7 (2008).**

© 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

*Mots clés* : Obsidienne ; Malia ; Crète ; Minoen ; Étude de provenance ; PIXE

*Keywords*: Obsidian; Malia; Crete; Minoan; Provenance study; PIXE

\* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : [bellot-gurlet@glvt-cnrs.fr](mailto:bellot-gurlet@glvt-cnrs.fr) (L. Bellot-Gurlet), [olivier-pelon@orange.fr](mailto:olivier-pelon@orange.fr) (O. Pelon), [michel.seferiades22@orange.fr](mailto:michel.seferiades22@orange.fr) (M.L. Sfériadès).

## Abridged English version

### Introduction

Archaeological excavations of the Malia Minoan Palace (*École française d'Athènes*) directed, since several years, by Pelon et al. [18,19] delivered nearly two thousand obsidian artefacts. These artefacts from the Palace give a report on nodule preparation and flaking related to Bronze Age techniques of which some are original (maybe Minoan or Melian?): from tested block, core to bladelet. The major part of these obsidians is from prepalatial levels mainly from Ancient Minoan II period (2400–2200 BC), only few are later (Middle Minoan I–II and Middle Minoan II). A first study in 2003 of this Palace obsidians on 460 artefacts (without counting the numerous fragments) describe primarily pressure-flaking evidences: cores (30; 6.52%), flakes (154; 33.47%), bladelets (265; 57.60%), retouched tools are rare (scrapers in end of bladelets, notches and truncations), burins on break are exceptional. During this study some obsidians were visually distinguished from the main raw material supposed to come from Melos sources.

In comparison to other regions, obsidians from Aegean archaeological sites, however significantly present in lithic industry, were not often analysed by physicochemical methods to determine their provenance [3,11,13,14,22,23,27,28]. This is because, on one hand, of the limited number of “local” potential sources (Melos and Gyali islands), and on the other, of the possibility to visually identify the Gyali obsidians and distinguish those from Melos. However, as discussed by Carter and Kilikoglou [11] for Malia Quartier Mu obsidians (Protopalatial Period, Middle Minoan II: 2200–1900 BC) some artefacts do not clearly exhibit Aegean obsidian visual characteristics, and therefore request analytical measurements to ensure their geological origin.

In this study we analysed the chemical composition of a selection of 31 Malia obsidian artefacts to determine their provenance.

### Sampling and experimental procedures

The artefact selection was performed in order to represent the raw material appearances encountered in the Malia obsidian collection. The larger part corresponds to obsidians considered as Melian and the few which seem different. One of these artefacts is visually clearly attributed to the Gyali island, with its colour, transparency and numerous noticeable inclusions. Samples references and chronological attributions

are given in Table 1. Twenty-five samples belong to Ancient Minoan II, the six others to Middle Minoan II. Five correspond to bladelet, twenty-four to flakes and two to nodules.

Elementary analysis is achieved by Particle Induced X-Ray Emission (PIXE) using the AGLAE facility [9] of the *Centre de recherche et de restauration des musées de France* (C2RMF, UMR 171, Paris) using procedures developed for obsidians [5–7] in which with an external beam allows non-destructive analyses without sampling or specific preparation.

### Results and discussion

For analysed samples the thirteen elements quantified (Na, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Ga, Rb, Sr and Zr) are presented in Table 1 showing their splitting in five distinct compositional groups. Studies of Aegean obsidian sources [2,3,14,15,23,27] had underlined that three compositional groups exist, two for Melos and one for Gyali (Fig. 1). Some obsidians were also mentioned at Antiparos Island but these materials, distinguishable by their chemical compositions, seem to have been infrequently exploited [22]. The two Melian compositional groups are associated to outcrops from two areas: Demenegaki and Sta Nychia (also named by some authors: “Adamas”).

Comparison of artefact composition with source samples analysed using the same conditions is illustrated by binary diagrams of Figs. 2–4. The sample (Malia Δα) visually attributed to Gyali source is effectively ascribed to this source. The major artefact compositional group, 21 samples, corresponds to Sta Nychia (Melos) outcrops and one group of four artefact, to the other Melian group: Demenegaki.

The last five samples form two distinct groups (of one and four members) which are not related to any Aegean sources. Comparison with published data [1,4,16,17,20,21,28] for potential obsidian sources and the analysis with the same set-up of Anatolian source samples underline that the four artefacts group fits the Cappadocian East Göllü Dağ sources [20] which gather outcrops of Kömürcü and East Kayırlı areas (Fig. 1). The latter artefact matches another Cappadocian source, the Nenezi Dağ volcano (Fig. 1).

The sample attributed to the Gyali source comes from ancient excavations, is dated to Middle Minoan II and is one of the two small blocks of obsidian with a particular appearance associated with the 180 nodules found at the Palace north-west edge [12]. The five artefacts sourced to Central Anatolian sources are dated to Ancient Minoan II, with three bladelets and one flake from East Göllü Dağ and one bladelet from the Nenezi Dağ vol-

cano. This last information is particularly original within the framework of obsidian circulation. Göllü Dağ obsidians were previously found in Crete with three artefacts at Knossos [24] and five artefacts at Malia Quartier Mu [11]. But it is the first presence of an other Cappadocian source: the Nenezi Dağ, mentioned in the Aegean area.

Therefore, Anatolian obsidian was, though in extremely limited quantity, diffused as far as Crete since the middle of the third millennium BC at Ancient Minoan II period. But the presence of these raw materials raises questions about the way and reasons for this diffusion. Because it is not possible to attribute to these obsidians a specific nature or a particular function, we could only suppose the existence of episodic relations between Crete and Anatolian sources, of which modalities remain to be determined.

### Conclusion

This work on provenance determination of Malia Palace obsidian artefacts concerns for the first time the beginning of Bronze Age in the Aegean, which is for Crete Ancient Minoan. This in the frame of research about contact and exchanges within Aegean world and its boundaries. As expected, the major part of analysed artefacts are sourced to Melos island, with both outcrop areas of Demenegaki and Sta Nychia. But some artefacts have an eastern origin, one from Gyali (160 km in straight line) and five from central Cappadocia (about 800 km, with Göllü Dağ and Nenezi Dağ sources).

These results underline for the Aegean area the interest of provenance determination of selected obsidian artefacts which could document the complex regional and trans-regional relations during Bronze Age, if not before.

This first set of analyses will be supplemented by a second sampling of Malia Palace obsidian collection which will be integrated in the publication of the whole study of obsidian industry envisaged in the “*Bulletin de Correspondance Hellénique*” (BCH), while waiting for the final publication of the excavations of Malia Palace in “*Études Crétoises*”.

## 1. Introduction

Les fouilles archéologiques crétoises du palais minoen de Malia (École française d’Athènes) dirigées depuis plusieurs années par Pelon et al. [18,19] ont livré un nombre conséquent d’obsidiennes taillées : près de deux mille pièces en incluant, bien que peu nombreuses, celles récoltées lors des fouilles anciennes.

L’étude de cette industrie a été confiée à M. Sfériadès. Elle fait suite à celles des obsidiennes taillées provenant, d’une part, des sondages prépalatiaux et protopalatiaux de P. Crépin et J.-P. Salaün au sud-ouest du palais (Sfériadès, 1975, 23–32 ; 109–116 [25]), d’autre part, à la demande de R. Treuil, des premières fouilles du quartier Mu (période protopalatiale : Minoen Moyen II : 2200–1900 av. J.-C.) [11].

Les deux mille obsidiennes du palais font état des phases de préparation et de débitage des nodules, du mode particulier de fabrication, à l’Âge du Bronze, des outils et instruments, des techniques de taille, pour une part originales (proprement minoennes ? voire maliotes ?) : du bloc testé et du nucléus à la lamelle.

La quasi-totalité de ces obsidiennes proviennent de niveaux prépalatiaux, principalement de remblais datés du Minoen Ancien II (2400–2200 av. J.-C.). Quelques obsidiennes sont plus tardives (Minoen Moyen I-II et Minoen Moyen II).

La première étude (en 2003) des obsidiennes du palais concernait 460 pièces (sans compter les très nombreux cassons et esquilles) (anciennes fouilles, fouilles de 1964, 1965, 1968, 1978, 1979 et 1982) ; essentiellement des témoins du débitage par pression : nucléi (30 ; 6,52 %), éclats (154 ; 33,47 %), lamelles (265 ; 57,60 %) ; les outils retouchés étaient extrêmement rares (grattoirs en bout de lamelle, coches et tronçatures) ; les burins sur cassure étaient exceptionnels.

Lors de cette première étude, quelques obsidiennes se distinguaient (à l’œil nu comme à faible grossissement) de l’ensemble du matériel (obsidienne de Mélos gris foncé, presque noire, de texture homogène, d’aspect terne ou au contraire plus ou moins brillant, faiblement translucide).

Par rapport à d’autres régions, les obsidiennes des sites égéens, pourtant bien représentées dans l’industrie lithique, ont rarement fait l’objet d’analyses physicochimiques destinées à déterminer leur provenance [3,11,13,14,22,23,27,28]. Cela en raison du nombre limité des sources « locales » (îles de Mélos et Gyali), d’une part, et, d’autre part, de la possibilité d’identifier visuellement les obsidiennes de Gyali et de distinguer celles de Mélos. Cependant dans certains cas, comme ici sur les obsidiennes du palais de Malia ou comme discuté par Carter et Kilikoglou [11] pour le Quartier Mu de Malia, une partie des artefacts ne présentent pas clairement les caractéristiques des obsidiennes égéennes, nécessitant ainsi le recours à des méthodes d’analyses physicochimiques pour en rechercher l’origine.

Nous présentons ici les résultats obtenus grâce à l’analyse élémentaire d’une première sélection de 31

pièces en obsidienne du Palais de Malia pour en déterminer précisément la provenance.

## 2. Échantillonnage et procédures expérimentales

Pour une première série d'analyses, une sélection d'artefacts en obsidienne, représentative des différents aspects des matières premières a été réalisée, afin d'en déterminer la provenance par analyse élémentaire (avec l'autorisation des autorités archéologiques grecques compétentes). L'échantillonnage (31 pièces) rassemble, d'une part, les obsidiennes considérées comme méliennes et, d'autre part, quelques-uns des rares exemplaires présentant une apparence différente. Ces quelques obsidiennes particulières se distinguaient à l'œil nu par leur texture extrêmement vitreuse comme sans minéral cristallisé (cassure remarquablement lisse et tranchant particulièrement acéré), leur translucidité et leur brillance teintées (bancs plus ou moins marqués) de tons fuligineux ou gris noir, verdâtres ou au contraire tirant sur le brun plus ou moins foncé. L'une des obsidiennes est identifiable immédiatement à l'œil nu comme provenant de l'île de Gyali (Dodécannèse); elle se distingue par sa couleur gris violet, sa texture, ses nombreuses inclusions étoilées blanchâtres (sphérules) (phénocristaux de quartz, microcline et albite) et, à la différence de l'obsidienne mélienne, par sa translucidité.

Le **Tableau 1** donne les références et les attributions chronologiques des échantillons analysés. Vingt-cinq échantillons datent du Minoen Ancien II, les six restants du Minoen Moyen II. Cinq échantillons correspondent à des lamelles, le reste à des éclats (24) ou à des nodules (deux).

Les analyses élémentaires ont été réalisées par *particle induced X-ray emission* (PIXE) sur l'accélérateur AGLAE [9] au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF, UMR 171, Paris), en utilisant des procédures développées pour l'obsidienne [5–7]. Ces analyses effectuées grâce à un faisceau extrait sont totalement non destructives, réalisées directement sur les artefacts en obsidienne, sans prélèvement ou préparation particulière.

## 3. Résultats et discussion

Pour notre série d'échantillons, la teneur en treize éléments chimiques (Na, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Ga, Rb, Sr et Zr) a été déterminée. Les données obtenues, détaillées dans le **Tableau 1**, montrent que les artefacts de Malia se répartissent en cinq groupes compositionnels distincts.

Les études réalisées sur les sources d'obsidiennes de la mer Égée [2,3,14,15,23,27] ont montré que trois groupes compositionnels étaient présents, deux pour l'île de Mélos et un pour celle de Gyali (**Fig 1**). Des obsidiennes ont aussi été signalées sur l'île d'Antiparos, mais ces matières premières que l'on peut distinguer des autres îles par leur composition chimique semblent avoir été peu utilisées [22]. Les deux groupes compositionnels présents à Mélos correspondent, d'une part, aux affleurements d'obsidiennes de la région de Demenegaki et, d'autre part, à ceux de la région de Sta Nychia (ou répertoriés comme « Adamas » suivant les auteurs) (**Fig. 1**).

Les **Fig. 2–4** illustrent nos déterminations de provenance, avec différents diagrammes montrant la composition des artefacts de Malia par rapport à celles de quelques échantillons de sources, analysés dans les mêmes conditions.

La comparaison entre les compositions des échantillons de Malia et celles des sources égéennes montre que trois des groupes d'artefacts correspondent à ces sources (**Fig. 2–4**). Un échantillon (référence: Malia  $\Delta\alpha$ ) concorde avec la source de Gyali qui avait été préalablement identifiée à l'œil nu. Quatre échantillons proviennent des affleurements de la région de Demenegaki (Mélos) et le groupe le plus important (21) correspond aux affleurements de la région de Sta Nychia (Mélos).

Les cinq derniers artefacts forment deux groupes distincts (de un et quatre échantillons) qui ne correspondent à aucune des sources de la mer Égée. Afin d'en rechercher la provenance, les données obtenues ont été comparées aux bases de données précédemment établies et à celles disponibles dans la littérature. Les comparaisons ont été réalisées notamment avec les sources de Méditerranée occidentale [16,17,21], les sources d'Europe centrale [28] et les sources anatoliennes [1,4,20].

Il apparaît que la composition représentée par quatre échantillons de Malia correspond à la signature donnée pour une des sources de Cappadoce: le groupe Göllü Dağ Est [20] regroupant les affleurements du secteur de Kömürçü et Kayırlı Est (auparavant nommées « sources de Çiftlik » par Cann et Renfrew [10]). La **Fig. 1** situe les affleurements de Cappadoce et précise leur localisation. Pour le dernier artefact, il présente aussi une composition qui le différencie des sources égéennes. C'est une autre source de Cappadoce, le volcan Nenezi Dağ (**Fig. 1**), qui présente la meilleure correspondance avec cet échantillon.

Le fragment Malia  $\Delta\alpha$ , attribué à la source de Gyali, et daté du Minoen Moyen II (fouilles anciennes), cor-

Tableau 1

Liste des artefacts de Malia analysés : références, chronologie, typologie, détail des compositions chimiques déterminées par PIXE et source/groupe compositionnel correspondant  
*List of analysed Malia artefacts: references, chronology, typology, chemical compositions measured by PIXE and corresponding source/compositional group*

Référence	Chronological phase	Typology	Source	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr
P92-2b	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,72	13,14	77,31	3,13	1,16	0,150	0,053	0,973	27	12	120	103	103
P7808a	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,60	13,27	77,09	3,12	1,22	0,155	0,054	1,001	28	13	123	109	114
P7812b	Minoen Moyen II	Éclat	Sta Nychia	3,57	13,14	77,16	3,15	1,16	0,144	0,054	1,034	29	13	125	106	114
P7847a	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,62	13,14	77,06	3,16	1,20	0,158	0,057	1,055	29	14	127	110	112
P7849b	Minoen Ancien II	Nodule	Sta Nychia	3,50	13,01	77,36	3,20	1,12	0,140	0,051	1,010	29	14	141	127	130
P7849f	Minoen Ancien II	Nodule	Sta Nychia	3,68	13,16	77,06	3,12	1,16	0,148	0,053	1,081	29	13	123	110	112
P7902	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,52	13,12	77,12	3,22	1,19	0,155	0,052	1,014	29	14	133	117	123
P8231c	Minoen Moyen II	Éclat	Sta Nychia	3,60	13,04	77,32	3,15	1,15	0,155	0,053	0,999	28	13	120	103	111
P85-1	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,26	13,28	76,98	3,23	1,20	0,150	0,056	1,053	29	13	116	103	107
P85-2	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,51	13,10	77,14	3,16	1,22	0,152	0,054	1,062	30	14	134	120	118
P85-3	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,45	13,14	77,16	3,16	1,22	0,154	0,054	1,021	30	13	124	110	112
88P1940	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,66	13,07	77,43	3,09	1,18	0,150	0,053	0,948	26	12	118	100	103
P92-1	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,65	13,08	77,20	3,11	1,19	0,155	0,054	1,057	30	14	130	114	118
P92-4	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,54	13,14	77,15	3,10	1,26	0,155	0,054	1,042	28	13	123	120	110
P92-5	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,41	13,17	77,16	3,24	1,15	0,141	0,054	0,984	27	13	117	105	109
P1885	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,58	13,00	77,41	3,15	1,15	0,157	0,050	0,997	28	12	118	104	106
P2393	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,62	13,15	77,29	3,10	1,19	0,150	0,050	0,983	29	14	136	121	116
P4665	Minoen Moyen II	Éclat	Sta Nychia	3,55	13,10	76,97	3,39	1,18	0,153	0,052	0,974	27	12	113	98	105
P4746	Minoen Moyen II	Éclat	Sta Nychia	3,68	13,11	77,10	3,14	1,16	0,158	0,057	1,099	30	13	129	112	115
P5014	Minoen Moyen II	Éclat	Sta Nychia	3,65	13,12	77,11	3,13	1,20	0,153	0,055	1,048	29	13	127	109	110
P6271	Minoen Ancien II	Éclat	Sta Nychia	3,63	13,05	77,11	3,13	1,22	0,154	0,057	1,081	30	13	131	116	120
P7812a	Minoen Ancien II	Éclat	Demenegaki	3,63	13,36	76,25	2,94	1,46	0,188	0,055	1,349	32	15	128	136	135
P7827b	Minoen Ancien II	Lamelle	Demenegaki	3,85	13,49	75,97	2,94	1,44	0,179	0,054	1,332	31	14	118	125	121
P7847c	Minoen Ancien II	Éclat	Demenegaki	3,32	13,71	75,83	3,06	1,41	0,206	0,054	1,371	33	14	122	119	128
M184r	Minoen Ancien II	Éclat	Demenegaki	3,75	13,40	76,25	2,94	1,41	0,179	0,052	1,287	30	14	118	124	126
Malia Δ α *	Minoen Moyen II	Bloc/éclat	Gyali	3,46	12,19	78,06	4,14	0,53	0,132	0,029	0,761	26	13	177	71	115
P7830	Minoen Ancien II	Lamelle	Göllü Dağ Est	3,53	12,81	77,72	4,19	0,41	0,052	0,057	0,806	21	15	192	13	68
P7844e	Minoen Ancien II	Éclat	Göllü Dağ Est	3,71	12,75	77,54	4,25	0,44	0,063	0,059	0,813	23	17	219	17	81
P90-1	Minoen Ancien II	Lamelle	Göllü Dağ Est	3,82	12,76	77,63	4,25	0,41	0,055	0,057	0,731	21	17	203	14	72
P92-3	Minoen Ancien II	Lamelle	Göllü Dağ Est	3,72	12,74	77,88	4,24	0,41	0,054	0,056	0,654	20	15	197	13	69
P6501a	Minoen Ancien II	Lamelle	Nenezi Dağ	3,93	13,94	75,20	4,01	0,94	0,124	0,062	1,094	40	17	172	104	130

Les teneurs en oxydes sont exprimées en pourcentage massique, celles des éléments en ppm.

Contents of oxides are in wt% and contents of elements in ppm.

\* Fouilles anciennes/ancient excavations.

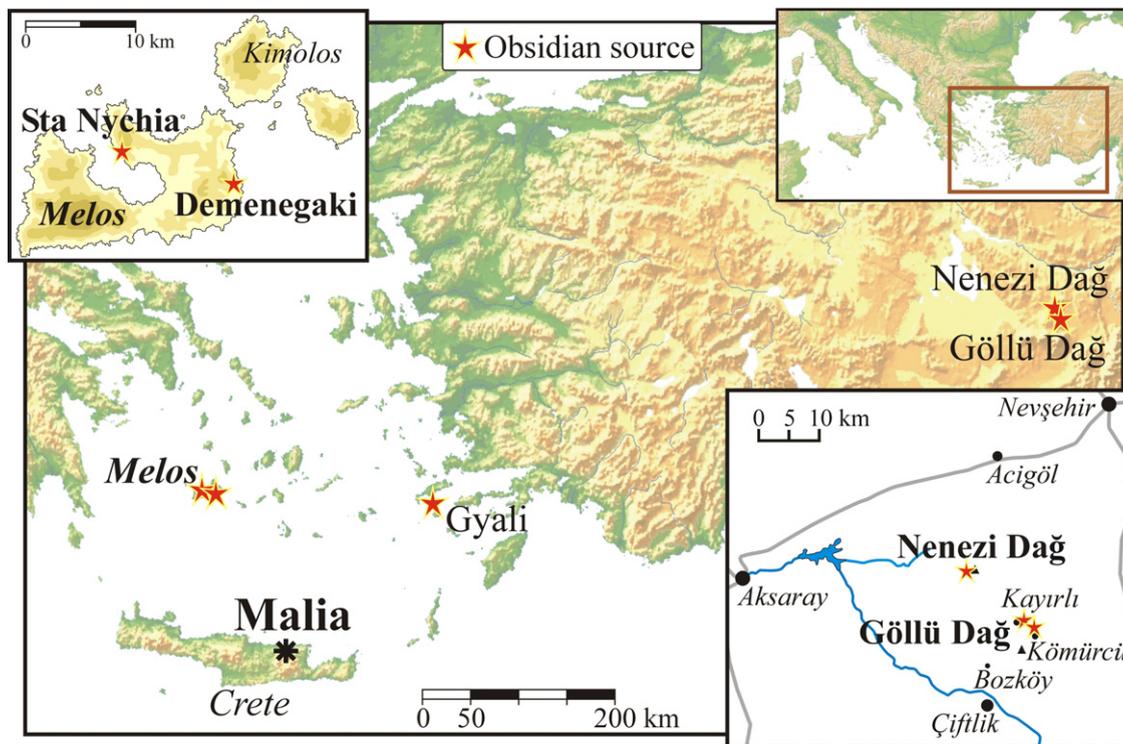


Fig. 1. Localisation du site de Malia et des sources d'obsidienne représentées sur le site.  
 Localisation of Malia Palace and of obsidian sources which provide sourced obsidian.

respond à l'un des deux petits blocs (ou très gros éclats) d'une obsidienne particulière, associés à un très grand nombre de nodules (180) rassemblés sur la bordure nord-ouest du palais, en contrebas du portique nord (quartiers III et IV) [12], dont l'aspect pourrait les rattacher aux obsidiennes de Mélos (observations visuelles M. Sfériadès). L'obsidienne de Gyalı [8], attestée à Knossos dès le Néolithique moyen, est relativement impropre à l'obtention de produits laminolamellaires, comparativement à celle de Mélos. Elle a été, en revanche, très recherchée (taille de la pierre et polissage) par les artisans-lapidaires des « palais » des côtes est et nord pour la confection d'objets précieux, tel le célèbre « calice sacré » de Zakros (Crète orientale), ou encore les curieuses reproductions de gros coquillages : dolium d'Aghia Triada (Crète centrale) ou triton de Palaikastro (Crète orientale).

Les échantillons d'obsidiennes en provenance d'Anatolie centrale (Cappadoce : à l'est d'Aksaray) sont au nombre de cinq et datent tous du Minoen Ancien II : trois lamelles et un éclat obtenus à partir de l'obsidienne du Göllü Dağ, une lamelle obtenue, première identification en domaine égéen, à partir de l'obsidienne du Nenezi Dağ voisin. Ces informations sont particulièrement originales dans le cadre de la circulation de l'obsidienne

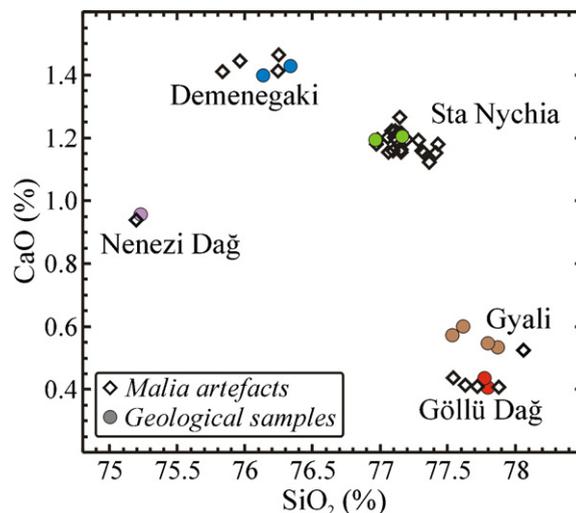


Fig. 2. Représentation des teneurs en calcium (CaO) versus silicium ( $\text{SiO}_2$ ) pour les pièces archéologiques de Malia. Sont aussi reportées celles d'échantillons géologiques correspondant aux sources identifiées.

Calcium (CaO) versus silica ( $\text{SiO}_2$ ) contents for Malia artefacts and for geological samples from identified sources.

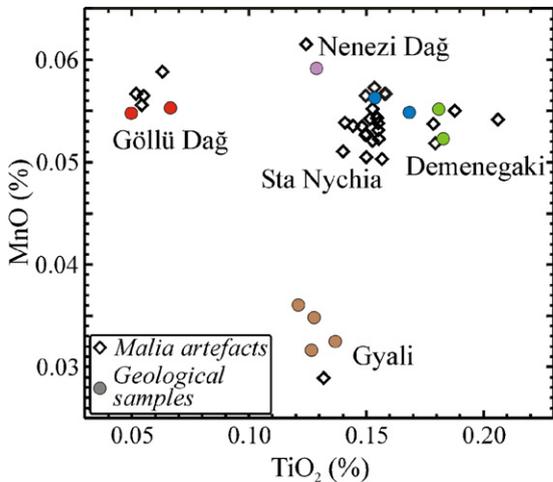


Fig. 3. Diagramme binaire comparant les teneurs en manganèse (MnO) et titane ( $\text{TiO}_2$ ) pour les pièces archéologiques de Malia et des échantillons géologiques correspondant aux sources identifiées. *Binary diagram comparing the manganese (MnO) and titanium ( $\text{TiO}_2$ ) contents for Malia artefacts and some geological samples from identified sources.*

dans le monde égéen. Elles complètent les précédentes mentions d'obsidiennes cappadociennes en Crète, avec les trois échantillons en provenance du Göllü Dağ signalés sur le site de Knossos [24] et les cinq artefacts du Quartier Mu de Malia récemment attribués au Göllü Dağ Est [11]. Mais il s'agirait de la première présence avérée d'une autre source de Cappadoce : le Nenezi Dağ, en

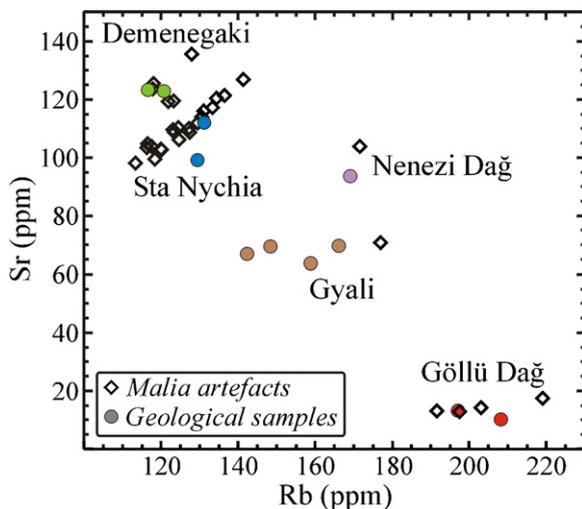


Fig. 4. Diagramme binaire comparant les teneurs en strontium (Sr) et rubidium (Rb) pour les pièces archéologiques de Malia et des échantillons géologiques correspondant aux sources identifiées. *Binary diagram comparing the strontium (Sr) and rubidium (Rb) contents for Malia artefacts and some geological samples from identified sources.*

Crète et plus généralement en Grèce, où seule la source cappadocienne du Göllü Dağ a déjà été signalée sur le site de Sitagroi au Nord de la Grèce [3].

L'obsidienne anatolienne, quoiqu'en quantité extrêmement limitée, était donc exportée jusqu'en Crète, et ce, au moins dès le milieu du troisième millénaire av. J.-C., dès la période du Minoen Ancien II.

Elle pouvait arriver en Crète directement ou via l'île de Kalymnos (Aghia Varvara, Chiromandres, Embolas, Vathi), le long des côtes orientale et septentrionale, dans le cadre de systèmes d'échanges probablement extrêmement complexes : réseaux commerciaux, dons et contre-dons, haltes et comptoirs anatolo-assyriens ou plus anciens, en gestation ou bien établis de type Kanesh, par voies terrestres et/ou maritimes (cabotage), parallèlement à d'autres importations en domaine égéen, tel en premier lieu le cuivre, matériau progressivement, mais dans un premier temps jusqu'à une certaine limite, de plus en plus concurrent [26]. La présence de pièces en provenance d'Anatolie pose incontestablement un problème. Étant donné qu'on ne saurait attribuer à cette catégorie une nature et par là-même, une fonction particulière, on est obligé de supposer l'existence de relations épisodiques, et sans doute « accidentelles », entre la Crète et les sources anatoliennes, dont les modalités restent encore à préciser.

#### 4. Conclusion

Les résultats de ces analyses sont d'une grande importance pour la fin de la Préhistoire, la transition et le début de l'Histoire du Monde égéen. Il s'agit d'analyses se rapportant pour la première fois, au tout début de l'Âge du Bronze et, s'agissant de la Crète, au Minoen Ancien.

Ces résultats viennent étayer toute une série d'hypothèses, renforcer un ensemble de directions de recherche relatif, au seuil de l'Âge du Bronze, aux échanges transrégionaux de toutes sortes, avec, d'une part, les régions continentales comme le domaine insulaire du Monde égéen et, d'autre part, l'Orient (de l'Égypte et du Levant à l'Anatolie). Échanges économiques, approvisionnements en matériaux « exotiques » divers avec, pour conséquence, de multiples influences étrangères d'ordre socioéconomique et inévitablement culturel.

Bien évidemment, les analyses rendent compte de l'origine, pour ainsi dire uniquement mélienne, de la totalité de l'industrie : obsidiennes de la côte nord (Sta Nychia) et de la côte est (Demenegaki). Ces obsidiennes auraient quitté cette île cycladique sous la forme de nodules souvent testés, directement ou par cabotage via les îles de Folégandros et de Santorin et atteignant

quelque part (directement Malia ou ailleurs) la côte septentrionale de Crète, un périple annuel et/ou saisonnier d'environ 200 km exposé aux vents dominants. Mais quelques obsidiennes ont une origine orientale (Gyali, distante de 160 km à vol d'oiseau), ou franchement orientale (Cappadoce, un peu plus de 800 km à vol d'oiseau).

Cela souligne l'intérêt de ces analyses et les directions de recherche qu'elles accompagnent, les justifient ou encore mettent en évidence sous un jour nouveau. Elles viennent éclairer et confirmer la complexité, tout au long de l'Âge du Bronze sinon antérieurement (Néolithique), des échanges transrégionaux (Monde égéen : Cyclades, Dodécanèse, Crète et Asie Mineure).

Pour compléter ces premiers résultats et préciser la présence éventuelle, au Palais de Malia, d'autres obsidiennes non égéennes, une seconde série d'échantillons a été sélectionnée pour être caractérisée dans les mêmes conditions. Les résultats seront alors intégrés à la publication de l'ensemble des études autour de l'industrie lithique en obsidienne du Palais de Malia qui est prévue dans le *Bulletin de Correspondance Hellénique (BCH)*, dans l'attente de la publication définitive des fouilles du palais dans les *Études Crétoises*.

## Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement, pour l'intérêt porté à ce projet d'analyses, l'appui donné et les grandes facilités accordées pour l'étude des échantillons en France, l'Ephorie d'Aghios Nikolaos (V. Apostolakou et ses collaborateurs), les Autorités concernées du Ministère Grec de la Culture et l'École Française d'Athènes en la personne de son directeur D. Mulliez. Pour l'accès et l'assistance aux analyses PIXE nous remercions l'équipe AGLAE du C2RMF (J. Salomon, L. Pichon, B. Moignard) et le GdR 2114 du CNRS « Physicochimie des matériaux du patrimoine culturel » (ChimArt2).

## Références

- [1] F. Abbès, L. Bellot-Gurlet, M.-C. Cauvin, S. Delerue, S. Dubernet, G. Poupeau, D. Stordeur, Provenance of the Jerf el Ahmar (Middle Euphrates Valley, Syria) obsidians, *Journal of Non-Crystalline Solids* 323 (2003) 162–166.
- [2] A. Arias, M. Oddone, G. Bigazzi, A. Di Muro, C. Principe, P. Norelli, New data for the characterization of Milos obsidians, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 268 (2006) 371–386.
- [3] A. Aspinall, S.W. Feather, C. Renfrew, Neutron activation analysis of Aegean obsidians, *Nature* 237 (1972) 333–334.
- [4] L. Bellot-Gurlet, Caractérisation par analyse élémentaire (PIXE et ICP-MS/-AES) d'un verre naturel : l'obsidienne. Applications à l'étude de provenance d'objets archéologiques, PhD Thesis, Université Joseph Fourier-Grenoble I, 1998, pp. 290.
- [5] L. Bellot-Gurlet, T. Calligaro, J.-C. Dran, G. Poupeau, J. Salomon, Description of the procedures for PIXE analysis at AGLAE, France, in: "An Inter-Laboratory Comparison of Element Compositions for Two Obsidian Sources" by Michael D. Glascock, International Association for Obsidian Studies Bulletin 23 (1999) 13–25.
- [6] L. Bellot-Gurlet, G. Poupeau, O. Dorighel, T. Calligaro, J.-C. Dran, J. Salomon, A PIXE/Fission-Track Dating approach to sourcing studies of obsidian artefacts in Colombia and Ecuador, *Journal of Archaeological Science* 26 (1999) 855–860.
- [7] L. Bellot-Gurlet, G. Poupeau, J. Salomon, Th. Calligaro, B. Moignard, J.-A. Barrat, L. Pichon, Obsidian provenance studies in archaeology: a comparison between PIXE and ICP, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 240 (2005) 583–588.
- [8] P. Bétancourt, The trade route for Ghyali obsidian, in: R. Lafineur, P. Bétancourt (Eds.), *Technè. Craftsmen, craftswomen and craftsmanship in the Aegean Bronze Age*, *Aegeum* 16, Proceedings of the 6th International Aegean Conference, Philadelphia, Temple University, *Annales d'archéologie égéenne de l'Université de Liège et UT-PASP* 1997; 171–5.
- [9] T. Calligaro, J.-C. Dran, B. Moignard, L. Pichon, J. Salomon, Ph. Walter, Ion beam analysis with external beams: recent set-up improvements, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 188 (2002) 135–140.
- [10] J.R. Cann, C. Renfrew, The characterization of obsidian and its application to the Mediterranean region, *Proceedings of the Prehistoric Society* 30 (1964) 111–133.
- [11] T. Carter, V. Kilikoglou, From reactor to royalty? Aegean and Anatolian obsidians from Quartier Mu, Malia (Crete), *Journal of Mediterranean Archaeology* 20 (2007) 115–143.
- [12] F. Chapouthier, P. Demargne, Fouilles exécutées à Malia. Troisième rapport. Exploration du palais. Bordures orientale et septentrionale (1927, 1928, 1931, 1932), *Études Crétoises* VI, 1942, 77 p.
- [13] S.E. Filippakis, A.P. Grimanis, B. Perdikatsis, X-ray and NAA of obsidian from Kitsos Cave, *Science and Archaeology* 23 (1981) 21–26.
- [14] V. Kilikoglou, Y. Bassiakos, A.P. Grimanis, K. Souvatzis, Carpathian obsidian in Macedonia, Greece, *Journal of Archaeological Science* 23 (1996) 343–349.
- [15] V. Kilikoglou, Y. Bassiakos, R.C. Doonan, J. Stratis, NAA and ICP analysis of obsidian from Central Europe and the Aegean: source characterisation and provenance determination, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 216 (1997) 87–93.
- [16] C. Lugliè, F.-X. Le Bourdonnec, G. Poupeau, E. Atzeni, S. Dubernet, Ph. Moretto, L. Serani, Early Neolithic obsidians in Sardinia (Western Mediterranean): the Su Carroppu case, *Journal of Archaeological Science* 34 (2007) 428–439.
- [17] C. Lugliè, F.-X. Le Bourdonnec, G. Poupeau, C. Congia, Ph. Moretto, T. Calligaro, I. Sanna, S. Dubernet, Obsidians in the Rio Saboccu (Sardinia, Italy) campsite: provenance, reduction and relations with the wider Early Neolithic Tyrrhenian area, *C. R. Palevol* 7 (2008) 249–258.
- [18] O. Pelon, E. Andersen, J.-P. Olivier, Le palais de Malia V, *Études Crétoises* XXV, 2 vol., 1980, 264 p. et 238 p.
- [19] O. Pelon, E. Andersen, M. Schmid, Guide de Malia. Le palais et la nécropole de Chrysolakkos, École française d'Athènes, Sites et Monuments IX, De Boccard, Paris, 1992, 100 p.
- [20] J.-L. Poidevin, Les gisements d'obsidienne de Turquie et Transcaucasie : géologie, géochimie et chronométrie, in: M.-C. Cauvin, A. Gourgaud, B. Gratuze, N. Arnaud, G. Poupeau, J.-L. Poidevin,

- C. Chataigner (Eds.), *L'obsidienne au Proche et Moyen Orient. Du volcan à l'outil*, BAR International Series 738, Hadrian Books Ltd, Oxford, 1998, pp. 105–203.
- [21] G. Poupeau, L. Bellot-Gurlet, V. Brisotto, O. Dorigel, Nouvelles données sur la provenance de l'obsidienne des sites néolithiques du Sud-Est de la France, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. Ila* 330 (2000) 297–303.
- [22] C. Renfrew, A. Aspinall, Aegean obsidian and Franchthi cave, in: T.W. Jacobsen (Ed.), *Excavations at Franchthi Cave, Greece, Fascicle 5*, Indiana University Press, Bloomington and Indianapolis, 1989, pp. 257–279.
- [23] C. Renfrew, J.R. Cann, J.E. Dixon, Obsidian in the Aegean, *Annual of the British School at Athens* 66 (1965) 225–247.
- [24] C. Renfrew, J.E. Dixon, J.R. Cann, Obsidian and early cultural contact in the Near East, *Proceedings of the Prehistoric Society* 32 (1966) 30–72.
- [25] M. Sfériadès, Obsidiennes taillées. In: *Malia, sondages au sud-ouest du Palais* (1968), *Études Crétoises XX*, École française d'Athènes, 1975, 23–32 and 109–116.
- [26] M. Sfériadès, Pierre taillée et métallurgie. Compétition entre deux grandes industries, in: J.-P. Mohen, C. Eluère (Eds.), *Découverte du métal*, Picard, Paris, 1991, pp. 325–330.
- [27] P. Shelford, F. Hodson, M.E. Cosgrove, S.E. Warren, C. Renfrew, The obsidian trade: the sources and characterisation of Melian obsidian, in: C. Renfrew, J.M. Wagsta (Eds.), *An Island Polity: the Archaeology of Exploitation in Melos*, Cambridge University Press, 1982, pp. 182–192.
- [28] O. Williams-Thorpe, S.E. Warren, J.G. Nandris, The distribution and provenance of archaeological obsidian in Central and Eastern Europe, *Journal of Archaeological Science* 11 (1984) 183–201.