



HAL
open science

L'épandage d'amphores du cap Gros, vestiges d'une cargaison vinicole léétanienne. Analyses archéométriques des amphores

Franck Brechon, Verónica Martínez Ferreras

► To cite this version:

Franck Brechon, Verónica Martínez Ferreras. L'épandage d'amphores du cap Gros, vestiges d'une cargaison vinicole léétanienne. Analyses archéométriques des amphores. Bulletin de l'Association archéologique des Pyrénées-Orientales, 2020. halshs-02671637

HAL Id: halshs-02671637

<https://shs.hal.science/halshs-02671637>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'épandage d'amphores du *cap Gros*, vestiges d'une cargaison vinicole léétanienne. Analyses archéométriques des amphores

Verònica MARTÍNEZ FERRERAS¹

Franck BRECHON²

1 - ERAAUB, Departament d'Història i Arqueologia (Universitat de Barcelona).

2 - CRESEM (Universitat de Perpignan – Via Domitia) / Aresmar

Découvert en 1955, puis revisité en 1970 par Yves Chevalier et perdu ensuite faute d'un positionnement assez précis, le gisement du *cap Gros* était bien présent dans les mémoires et dans plusieurs publications (Parker 1992, 103 ; Tremoleda i Trilla 2000, 119). Il a été redécouvert à la pointe du *cap Gros* lors des prospections réalisées par l'Aresmar en 2016 (Brechon *et alii* 2016). Il a alors fait l'objet d'une première campagne de sondages succincte en 2016, puis de campagnes plus approfondies en 2017 et 2018, qui ont permis de confirmer la présence d'un site de naufrage, même si aucun élément de coque n'a alors été mis au jour (Brechon *et alii* 2017 et 2018).

Six sondages d'une surface de 2 x 2 m ont été ouverts, implantés de façon à couvrir l'ensemble de la zone d'extension potentielle du gisement. La densité de sondages réalisés permet de circonscrire correctement le gisement, qui se situe pour l'essentiel au pied du tombant du *cap Gros*. La nature du site a pu être précisée. Il s'agit bien

d'un site de naufrage ainsi qu'en témoignent quelques éléments de vaisselle et d'équipement de bord (céramique commune, vase en plomb), et potentiellement de navire (clous, anneau de plomb, planche). Aucun élément de coque n'est toutefois conservé, sans doute du fait de la violence du naufrage, mais la cargaison a coulé au droit du cap à la base du tombant au pied duquel elle s'est accumulée en une couche de tessons d'amphores épaisses.

L'ensemble des vestiges de cargaison aujourd'hui mis au jour est composé d'amphores Pascual 1 (449 fragments représentant 24 individus minimum). Cette cargaison témoigne d'un transport de vin en provenance de Tarraconaise et sans doute à destination de la Gaule et des marges septentrionales de l'Empire. Chronologiquement, et en l'absence de marqueurs plus précis, la présence d'amphores Pascual 1 permet de proposer une datation comprise entre 40/30 av. J.-C. et 50 ap. J.-C.

1. Mas del Catxorro (Benifaliet, Baix Ebre)
2. L'Aumedina (Tivissa, Ribera d'Ebre)
3. Mas de l'Antoni Cortès (Riudoms, Baix Camp)
4. Mas del Coll (Riudoms, Baix Camp)
5. La Baudia (Reus, Baix Camp)
6. El Vilar (Reus, Baix Camp)
7. Els Antigots (Reus, Baix Camp)
8. Les Planes del Rocuís (Reus, Baix Camp)
9. El Viarenc (Catalafell, Baix Penedès)
10. Tomoví (Albanyà, Baix Penedès)
11. Darrò (Vilanova i la Geltrú, Garraf)
12. Barr Antic o Vila Vella (Sant Boi de Llobregat, Baix Llobregat)
13. Can Reverter (Sant Vicenç dels Horts, Baix Llobregat)
14. Can Pedrerol (Castellbisbal, Vallès Oriental)
15. Can Timorer (El Papiol, Baix Llobregat)
16. Can Jofresa (Terrassa, Vallès Occidental)
17. La Salut (Sabadell, Vallès Occidental)
18. Can Feu (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental)
19. Camp d'en Ventura de l'Oller (Sta. Perpètua de Mogoda, Vallès Oc.)
20. Mas Manolo (Caldes de Montbui, Vallès Oriental)
21. Sant Miquel dels Martres (Caldes de Montbui, Vallès Oriental)
22. Can Vendrell (Santa Eulàlia de Ronçana, Vallès Oriental)
23. Can Cabot (Santa Eulàlia de Ronçana, Vallès Oriental)
24. Carrer Princesa (Barcelona, Barcelonès)
25. Av. Francesc Cambó-Mercat Sta. Caterina (Barcelona, Barcelonès)
26. Can Peixau (Badalona, Barcelonès)
27. Illa Fradera (Badalona, Barcelonès)
28. Aïlla-Autopista (Aïlla, Maresme)
29. Cal Ros de les Cabres (El Masnou, Maresme)
30. Club Tennis Barcelona (Teià, Maresme)
31. Vernal del Sant Crist (Cabris, Maresme)
32. Ca l'Armau-Can Pau Ferrer (Cabreria de Mar, Maresme)
33. Can Noboa (Argentona, Maresme)
34. Can Portell (Argentona, Maresme)
35. Torre Lissier (Mataró, Maresme)
36. Les Caselles (Mataró, Maresme)
37. El Morrell (Llavaneres, Maresme)
38. El Moré (Sant Pol de Mar, Maresme)
39. El Mújal (Calella, Maresme)
40. El Sol del Camp (Sant Vicenç de Montalt, Maresme)
41. Can Viader (Malgrat de Mar, Maresme)
42. Fenals (Lloret de Mar, La Selva)
43. Els Ametllers (Tossa de Mar, La Selva)
44. Solius-Can Llovarons (Castell-Platja d'Aro, Baix Empordà)
45. El Collet de Sant Antoni (Calaonge, Baix Empordà)
46. Llafranc (Palafreguè, Baix Empordà)
47. Emedàs (Cornella del Terri, Pla de l'Estany)
48. La Bomba (Vilamacolum, Tonoella de Fluvià, Alt Empordà)

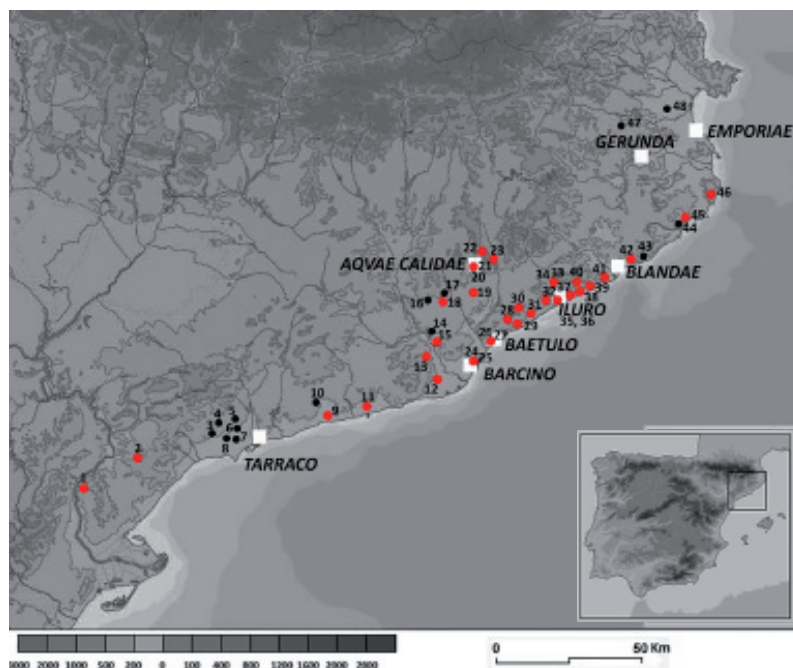


Figure 1 : Localisation des ateliers ayant fabriqué des amphores Pascual 1 (points rouges) parmi tous les ateliers de potiers d'époque romaine identifiés en Catalogne (basé sur Tremoleda 2008).

Afin de déterminer l'origine de la cargaison, des analyses archéométriques ont été réalisées en 2019¹ sur 23 individus d'amphore Pascual 1. Le programme d'analyses comprend l'examen pétrographique des lames minces des amphores au Microscope Optique Polarisant (MO), l'analyse de la composition minéralogique par Diffraction de rayons X (DRX) et de la composition chimique par Fluorescence de rayons X (FRX). L'étude permet aussi de mettre en évidence l'homogénéité ou la diversité de la composition de la cargaison et d'approcher les processus technologiques de production des amphores, notamment la sélection et la préparation des matières premières afin d'obtenir la pâte souhaitée, le modelage, la finition et la cuisson. La provenance des amphores, définie comme le lieu de production, a été recherchée en utilisant la base de données analytique de l'ERAAUB comme référence. Elle comprend différents types d'amphores (Dressel 1 d'Espagne Citérienne, Tarraconaise, Pascual 1, Dressel 2-4, Dressel 7-11 et Oberaden 74) fabriquées dans 26 ateliers de potiers situés dans le nord-est de la péninsule Ibérique (Martínez Ferreras 2014 ; Martínez Ferreras *et alii* 2013 ; Martínez Ferreras 2017 ; Angourakis *et alii* 2018) (fig. 1)

Des groupes de référence (chimiques et pétrographiques) identifiés à chaque atelier ont été utilisés à titre de comparaison, avec l'objectif d'apporter des éléments de connaissance supplémentaires sur la provenance de la cargaison. Cette information est très utile afin de déterminer l'aire de départ du navire le long du littoral de Catalogne et la route maritime suivie avant le naufrage, à l'image des études réalisées pour les cargaisons de Port-Vendres 4 (Colls *et alii* 2014 ; Martínez-Ferreras *et alii* 2015) et Port-Vendres 5 (Martínez-Ferreras *et alii* 2013a).

- Observations macroscopiques²

Un premier examen à la loupe binoculaire de tous les échantillons permet une première classification des céramiques en fonction des caractéristiques et de la composition macroscopique des pâtes. Quelques échantillons montrent des matrices de couleur hétérogène due aux processus d'altération secondaire intervenant pendant l'enfouissement dans un milieu marin subaquatique et anaérobie. Des bandes longitudinales de couleurs différentes sont observées, les surfaces étant généralement plus sombres. Après examen

des fractures fraîches, les 23 amphores se répartissent en deux groupes macroscopiques principaux (CG-A et CG-B) (fig. 2).

Le groupe **CG-A**, comprend 22 amphores³ soit la quasi-totalité des échantillons. Il est caractérisé par des pâtes calcaires de couleur beige-rosé comportant un dégraissant grossier et abondant. Toutefois, la couleur de la matrice varie en fonction de la température de cuisson. La fréquence des pores varie en fonction des échantillons mais il s'agit principalement de vacuoles orientées suivant l'axe des parois. Les inclusions non-plastiques plus grossières suivent la même orientation. Elles apparaissent relativement bien distribuées et leur fréquence (communes à abondantes) varie aussi en fonction de l'échantillon. Elles présentent une forme sub-angulaire à sub-arrondie et leur taille correspond à la fraction moyenne à grossière (0,5 à 1,5 mm) du sable et ressemblent aux fragments de granites et aux cristaux dérivés des roches caractéristiques des productions du nord-est de la province Citérienne-Tarraconaise.

En revanche un seul exemplaire compose le groupe **CG-B**⁴. Il présente une matrice de couleur rougeâtre, caractéristique des pâtes peu calcaires, riches en oxydes de fer. Les pores et les inclusions sont peu fréquents. Ces dernières, rares, correspondent au même type que celles observées sur les échantillons du groupe CG-A.

- Analyse pétrographique par Microscopie Optique Polarisant (MO)⁵

L'étude pétrographique intègre l'analyse des caractéristiques optiques de la matrice céramique et de ses caractéristiques texturales (type, forme, mesure, fréquence et distribution des inclusions), en utilisant des critères relevant de la minéralogie optique. Cette technique permet de déterminer les similitudes de composition entre les pâtes céramiques et d'établir des groupes pétrographiques en fonction de la composition de la matrice ainsi que des inclusions fines et grossières. Cette analyse apporte des informations sur l'origine des matières premières, très utiles dans les études de provenance. Elle renseigne aussi sur les processus technologiques

3 - Amphores n°CG1 (CG-17-2-268), CG2 (CG-17-2-264), CG3 (CG-17-2-237), CG4 (CG17-2-161), CG5 (CG-17-1-110), CG6 (CG-17-2-174), CG9 (CG-17-2-181), CG10 (CG-17-2-196), CG12 (CG-17-1-6), CG13 (CG-17-2-167), CG14 (CG-17-HS-319), CG15 (CG-18-4-403), CG16 (CG-17-2-234), CG17 (GG18-4-509), CG18 (CG-17-2-164), CG19 (CG-17-2-93), CG20 (CH-17-2-263), CG21 (CG-17-2-267), CG22 (CG-18-4-385), CG23 (CG-17-2-236). Le numéro de laboratoire est indiqué en premier, le numéro d'inventaire suit entre parenthèses.

4 - Amphore n°CG11 (CG-17-2-85).

5 - Avec un microscope optique polarisant Olympus BX43F, équipé d'un appareil digital Olympus DP73. Les divers composants des céramiques (matrice, inclusions non plastiques et porosité) ont été évalués avec le logiciel *Stream Basic*.

1 - Les études archéométriques ont été conduites par Verónica Martínez Ferreras à l'Université de Barcelone, au sein de l'Equip de Recerca Arqueològica i Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona (ERAAUB) du Departament d'Història i Arqueologia de la Facultat de Geografia i Història.

2 - L'examen a été réalisé avec un micro-stéréoscope Olympus SZ61TR, équipé avec un appareil photo digital Olympus DP73-WDR.

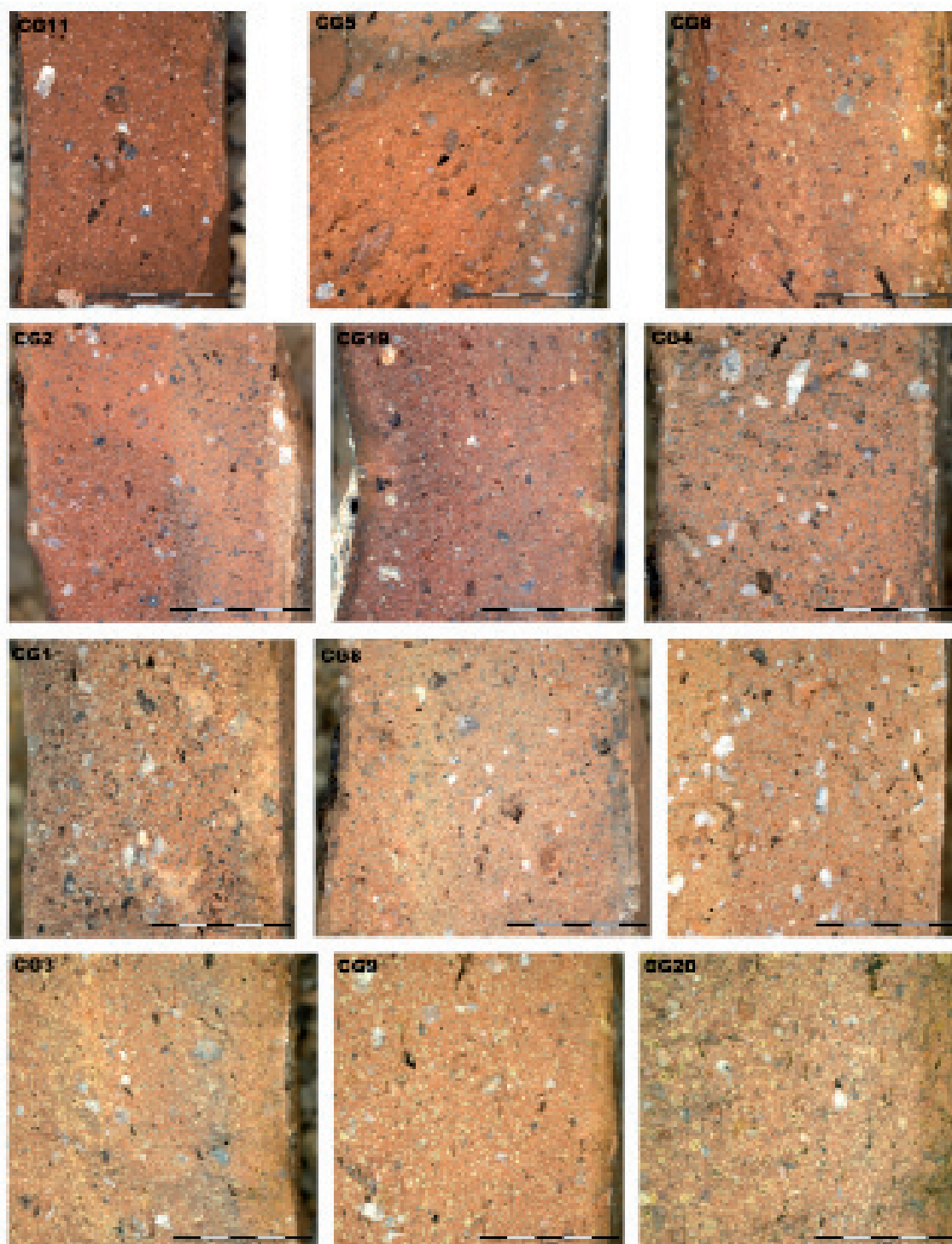


Figure 2 : Photographies des fractures fraîches de quelques exemplaires des amphores examinées au micro-stéréoscope, 10X (échelle : 5 mm).

de la chaîne opératoire de production, comme la sélection et traitement des matières premières, le modelage et la cuisson, jusqu'à l'obtention du produit fini (Whitbread 1995 ; Quinn 2013).

L'examen des lames minces au microscope optique polarisant confirme l'observation macroscopique car toutes les amphores analysées, excepté CG11, présentent une composition similaire et ont été classifiées dans le groupe pétrographique CG-A, calcaire et grossier (**fig. 3**). La matrice est composée d'un sédiment argileux riche en carbonates et ses caractéristiques (couleur et activité optique) dépendent de la température de cuisson de chaque individu. Ainsi, les matrices de couleur marron-orangé présentent une activité optique moyenne, tandis qu'elle est nulle dans le cas des matrices de couleur marron clair-jaunâtre, lesquelles sont aussi très vitrifiées. La porosité varie aussi en fonction de l'échantillon, car elle est liée au processus de cuisson. Généralement, elle est commune à abondante et les pores présentent principalement la taille et la forme de micro-vacuoles et méso-vacuoles. La majeure partie de la porosité est le résultat de la décomposition partielle ou totale des carbonates, si bien que dans quelques pores on observe des cristaux de calcite microcristalline d'origine secondaire. Les inclusions sont aussi présentes à la fraction fine (< 0.125 mm) qu'à la grossière (> 0.125 mm) et la plus partie dérivent des granitoïdes. Ces roches sont le constituant principal de la chaîne de montagne côtière d'époque hercynienne tardive qui s'étend depuis le fleuve Llobregat jusqu'au Cap de Begur, parallèlement à la côte. Elles confirment l'origine de ces 22 amphores issues d'un atelier localisé sur le littoral centre-nord de la Catalogne.

La fraction grossière (≤ 1.5 mm) varie, de commune à abondante, en fonction de l'amphore et se présente bien distribuée et orientée suivant l'axe longitudinal des parois. Les fragments de granitoïdes et de cristaux de quartz, le feldspath potassique et le plagioclase dérivés de ces roches constituent les inclusions majoritaires. Des phyllosilicates (biotite et muscovite) et des amphiboles, dérivées aussi des granitoïdes, sont présentes, de communes à rares, dans les échantillons cuits à plus basse température. Tous ces cristaux sont aussi présents à la fraction fine dans la même proportion. Outre que ces inclusions, des nodules de calcite microcristalline (micrite) ont été aussi détectés aux fractions fines et grossières. Ils apparaissent généralement très altérés et décomposés du fait des températures de cuisson du plus grand nombre des échantillons. L'élément le plus distinctif de ce groupe pétrographique est la présence commune d'agrégats

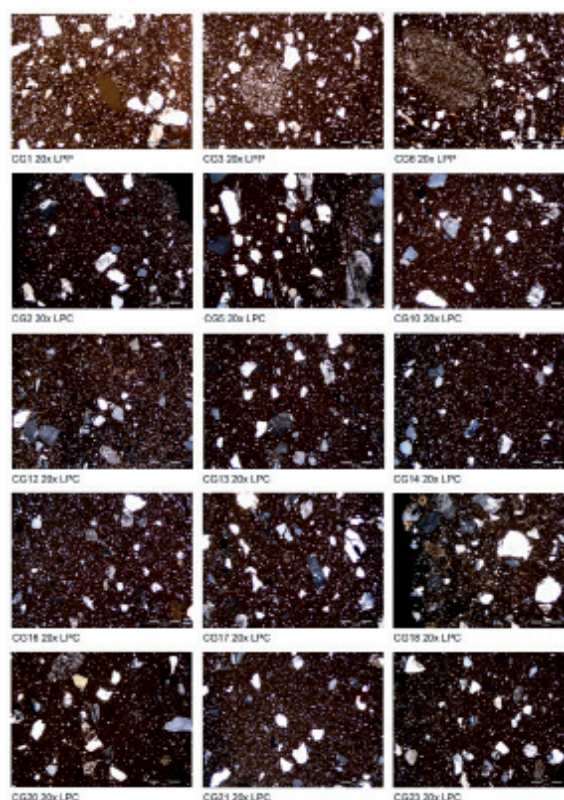


Figure 3 : Photographies des lames minces des amphores représentatives du groupe pétrographique CG-A, lumière polarisée plane (LPP) et croisé (LPC) ; échelle : 2 mm (agrandissement 20x).

argileux et limoneux avec une matrice calcaire, lesquels ressemblent aux nodules limoneux déjà observés dans la pâte des amphores Pascual 1 produites dans les ateliers de Baetulo (Badalona) (Martínez 2014 ; Antequera *et alii* 2010).

L'amphore CG11 constitue un groupe pétrographique différent (**CG-B**) avec une pâte peu calcaire et qui présente moins d'inclusions grossières (**fig. 4**). La matrice est riche en oxydes de fer, de couleur rougeâtre, très peu vitrifiée, marquée par la haute activité optique des minéraux argileux. La porosité est inférieure à celle du groupe CG-A. Elle présente aussi des formes de micro-vacuoles et méso-vacuoles, qui sont aussi orientées suivant un axe longitudinal par rapport aux parois. Les inclusions de la fraction fine sont très abondantes et correspondent aux mêmes types du groupe CG-A, mais il faut souligner l'absence de carbonates. La fraction grossière est plus faible que sur les autres échantillons et elle présente une distribu-

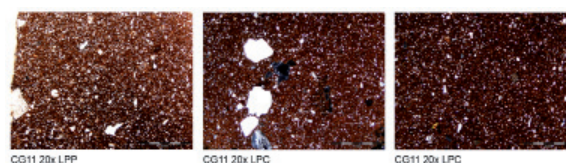


Figure 4 : Photographies de lames minces de l'amphore CG11 (groupe pétrographique CG-B), lumière polarisée plane (LPP) et croisé (LPC) ; échelle : 2 mm (agrandissement 20x).

tion plus hétérogène. Elles correspondent à des fragments de roches de type granitoïde et des cristaux détachés de ces roches, principalement quartz et feldspath potassique, présentant une forme sub-angulaire à sub-arrondie, et une taille entre 0.5-1.5 mm. Des cristaux de plagioclase et des lames de phyllosilicates sont communs, tandis que les cristaux d'épidote sont rares.

- Analyse minéralogique par Diffraction de Rayons X (DRX)⁶

L'évaluation des diffractogrammes réalisés sur les 23 échantillons permet d'identifier les minéraux, ou phases cristallines majeures, présentes dans les pâtes céramiques. Ces phases sont indicatives de la présence des minéraux primaires qui ont survécu au processus de cuisson (phases cristallines primaires), des minéraux créés pendant la cuisson (phases cristallines de cuisson) et des minéraux développés pendant l'utilisation et/ou pendant la phase d'enfouissement des céramiques (phases cristallines secondaires). Donc, cette technique offre des informations complémentaires très utiles sur les matières primaires utilisées pour élaborer la pâte, sur les conditions de la cuisson (température estimée et atmosphère) et sur les altérations subies par les céramiques en fonction des conditions propres au gisement.

Les températures de cuisson équivalentes (TCE) ont été estimées en fonction de l'absence de phases de cuisson ou de la coexistence de certaines phases primaires et de cuisson à chaque diffractogramme. En plus, quelques phases cristallines secondaires, produits des processus d'altération, ont aussi été identifiées dans certains échantillons. Ainsi, les amphores analysées par DRX ont été classées en différentes catégories, ou groupes minéralogiques, sur la base des minéraux identifiés dans leurs diffractogrammes.

Dans le cas du groupe calcaire CG-A, les transformations minéralogiques produites à certaines températures lors de la cuisson sont caractéristiques des pâtes céramiques calcaires (Cultrone *et alii* 2001 ; Trindade *et alii* 2009, 2010 ; Maggetti *et alii* 2011 ; Fabbri *et alii* 2014). Lors d'une cuisson prolongée, les carbonates se décomposent par décarbonatation à des températures comprises entre 600 et 800°C, en fonction du type et de la taille du grain. Au cours de ce processus, le dioxyde de carbone (CO₂) est libéré et de la chaux libre (CaO) est formée. La

déshydroxylation des minéraux argileux peut atteindre jusqu'à 800°C pour former la phase pseudo-amorphe et ses constituants, surtout le Si et Al, réagissent avec la chaux libre de la calcite décarbonatée, formant plusieurs phases métastables telles que la gehlénite, le diopside et l'anhortite. Ces phases de cuisson réagissent de manière continue avec l'incrément de la température (Maniatis *et alii* 1983 ; Cultrone *et alii* 2001 ; Trindade *et alii* 2009, 2010). La formation initiale de diopside se produit autour de 800 à 850°C mais en très faible concentration et se forme radicalement à 900-950°C. La gehlénite commence à cristalliser à des températures voisines de 850°C mais sa stabilité est maximale aux températures voisines de 850 à 950°C, tandis que à températures supérieures à 950°C réagisse de nouveau jusqu'à disparaître vers 1050-1100°C. Outre les carbonates, d'autres phases minéralogiques subissent également des modifications lors de la cuisson. Les phyllosilicates disparaissent normalement à des températures supérieures à 1000°C. La présence d'oxydes de fer dans les argiles primaires riches en Ca est aussi influencée par la formation de gehlénite et de diopside (Maniatis *et alii* 1983 ; Nodari *et alii* 2007 ; Maggetti *et alii* 2011).

Toutes les amphores de pâte calcaire appartenant au groupe CG-A présentent des quartz, plagioclase et feldspaths potassiques comme phases cristallines primaires (fig. 5). Les amphores CG5 et CG6 contiennent aussi de la calcite et des phyllosilicates (illite-muscovite) comme phases primaires, même si elles sont peu développées. Conjointement, on observe le diopside et, probablement l'hématite, comme phases de cuisson, ce qui suggère une température de cuisson équivalente autour de 900-950°C. Il faut souligner l'absence de gehlénite, phase de cuisson commune en céramiques calcaire cuites entre 850-950/1000°C. Dans les diffractogrammes des amphores CG2 et CG7, la calcite a disparu et les phyllosilicates sont plus réduits.

TCE	amphores	phases cristallines
750-800°C	CG11	Qtz, Pl, Kfs, Ill, Hm, ↓Cal, Py
900-950°C	CG5, CG6	Qtz, Kfs, Pl, Di, Cal, Ill, Hm, Py
950-1000°C	CG2, CG7	Qtz, Kfs, Pl, Di, Hm, ↓Ill, Py
> 1000°C	CG8, CG18, CG19, CG21, CG22	Qtz, Pl, Kfs, Di, Hm, Py
> 1000°C	CG1, CG3, CG4, CG9, CG10, CG12, CG13, CG14, CG15, CG16, CG17, CG20, CG23	Qtz, Di, Pl, Kfs, Hm, Anal, Py

Figure 5 : Températures de cuisson équivalentes (TCE) des 23 amphores, estimées en fonction des phases minéralogiques identifiées par DRX.

En revanche, on observe le taux de diopside plus élevé, signe d'une température de cuisson sensiblement plus haute, autour 950-1000°C. Les phyllosilicates, sont absents dans les diffractogrammes des amphores CG8, CG18, CG19, CG21 et CG22, tandis que les pics de diopside

6 - Etude réalisée sur les échantillons nettoyés (avec le polissage des surfaces) et pulvérisés aux Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiT-UB, <http://www.ccit.ub.edu/ES/home.html>). L'analyse par DRX a été réalisée avec un diffractomètre Panalytical X'Pert PRO MPD et les spectres (diffractogrammes) ont été évalués avec le programme X'Pert HighScore de Panalytical.

sont plus intenses, ce qui suggère une TCE supérieure à 1000°C. Le reste des amphores (CG1, CG3, CG4, CG9, CG10, CG12, CG13, CG14, CG15, CG16, CG17, CG20 et CG23) contiennent les mêmes phases cristallines même si de l'analcime a été aussi identifié. Il s'agit d'une zéolite sodique (Na(Si₂Al)O₆·H₂O) qui apparaît comme une altération des céramiques calcaires cuites à très haute température (> 1000°C), aussi bien dans des environnements terrestres que maritimes. Cette altération comporte des modifications de divers éléments chimiques, comme la fixation du sodium allochtone avec une possible perte de potassium (K₂O) et de rubidium (Rb) (Schwedt *et alii* 2006).

Outre l'analcime, les phases secondaires identifiées dans les amphores du *cap Gros* sont aussi liées pour une part à leur enfouissement en milieu marin (comme la cristallisation de carbonates secondaires), ainsi qu'aux conditions d'enfouissement dans un environnement pauvre en oxygène (comme la précipitation de sulfures). Même si les carbonates ne sont pas visibles dans tous les diffractogrammes, des cristaux microcristallins de calcite ont été observés sur les lames minces des amphores cuites à plus haute température, indiquant qu'ils correspondent à des précipitations secondaires (Buxeda i Garrigós *et alii* 2004, 2005 ; Martínez *et alii* 2013b, 2015). En observant les sulfures, les cristaux de pyrite (FeS₂) se forment dans des pores formant des bandes longitudinales en connexion avec les surfaces. L'identification de cette phase secondaire dans les diffractogrammes est complexe car elle se rapproche d'autres phases comme l'hématite. Néanmoins, on peut supposer leur présence dans une large part, voir dans tous les échantillons. L'apparition des cristaux de pyrite est due aux conditions anoxiques de l'environnement de dépôt des échantillons et la cristallisation de ces cristaux est la responsable du couleur gris/noir que présentent les surfaces de divers échantillons.

Dans le cas des céramiques de pâte peu calcaire, comme l'amphore CG11, les transformations minéralogiques lors de la cuisson sont diverses (**fig. 5**). Néanmoins, le diffractogramme de cet échantillon montre uniquement des phases minéralogiques primaires : quartz, feldspath potassique, plagioclase et phyllosilicates (illite-muscovite), témoignant une température de cuisson équivalente assez basse à environ 750-800°C.

- Analyse chimique par Fluorescence de Rayons X (FRX)⁷

Parmi les éléments chimiques identifiés par FRX à chaque échantillon, le traitement statistique a été réalisé sur la sub-composition: Fe₂O₃ (comme Fe total), Al₂O₃, MnO, P₂O₅, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, SiO₂, Ba, Rb, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Cu, Ni et Cr (Tableau 2). D'abord, une matrice de variation compositionnelle a été calculée sur ces données afin de connaître la variabilité chimique existant parmi les amphores analysées (Buxeda 1999). Cette matrice offre la valeur de la variabilité totale (vt) que, dans ce cas (vt = 0.409) qui montre une valeur légèrement élevée, significative d'un ensemble peu homogène. La matrice montre aussi la contribution des divers éléments chimiques à cette variabilité (τ.i). Dans ce cas, les éléments chimiques qui apportent plus de variabilité sont le CaO, MgO, Sr, Na₂O, Rb, K₂O, Pb et P₂O₅, et celle-ci est principalement due à des différences de composition entre l'échantillon CG11 et le reste des amphores. Il s'agit, comme cela a déjà été signalé, d'une amphore de pâte peu calcaire (2,7 % CaO), tandis que les amphores appartenant au groupe CG-A ont une pâte calcaire et présentent des concentrations en CaO variant entre 6.1 et 10.8 %. Dans quelques cas, cela a été observé sur les lames minces de quelques amphores, la cristallisation de calcite secondaire liée au processus d'altération peut comporter des perturbations dans la composition finale en CaO. La variabilité apportée par le Sr peut être aussi liée à la basse proportion (114 ppm) observée dans l'amphore CG11 par rapport au reste des échantillons (entre 157 et 377 ppm). Néanmoins, étant donné que le CaO et Sr sont deux éléments alcalinoterreux, les lectures de fluorescence peuvent présenter des interférences et des imprécisions (Buxeda 1999). Les valeurs en Na₂O sont plus variées même entre les amphores du groupe CG-A. Les amphores présentant des valeurs plus élevées en Na₂O correspondent aux individus présentant l'analcime comme phase secondaire. En cohérence avec les changements provoqués par le processus de cristallisation de l'analcime, la

7 - Les analyses par Fluorescence de Rayons X (FRX) ont été réalisées aux Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCIT-UB, <http://www.ccit.uab.edu/ES/home.html>). Les intensités de fluorescence ont été mesurées avec un spectrophotomètre Axios-Max Advanced Panalytical. Les concentrations élémentaires déterminées sont: (exprimés en oxydes et % pour les éléments majeurs et mineurs) Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, P₂O₅, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, SiO₂, et présentée en ppm pour les éléments trace Ba, Rb, Mo, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Sn, Ce, Co, Ga, V, Zn, W, Cu, Ni et Cr. Les résultats des éléments majeurs, mineurs et de la PAF correspondent à presque la totalité de la composition de l'échantillon (100%). La perte au feu (PAF) a aussi été déterminée. Il s'agit de la perte que présente chaque échantillon en termes d'élimination de l'eau de composition, de CO₂ et de la possible matière organique contenue. La PAF est partiellement en rapport avec la température et durée de cuisson, et elle a été déterminée en calcinant 0,3 g d'échantillon sec pendant 3 h à 950°C.

composition chimique de ces amphores se caractérise par des valeurs élevées en CaO et Na₂O, et basses en K₂O et Rb (Schwedt et alii 2006). En ce qui concerne les valeurs en Pb et P₂O₅, ils varient entre 15 à 26 ppm au premier, et entre 14 à 21 ppm au deuxième. Il s'agit de deux éléments traces susceptibles d'être perturbés par des processus d'altération pendant l'enfouissement, bien d'artefacts de plomb, bien à travers de matériaux organiques dans le cas du P₂O₅ (Maritan et alii 2004 ; Maritan et alii 2009).

Afin de connaître la distribution des amphores analysées en fonction de leur (dis) similitude compositionnelle, un traitement statistique multivarié a été réalisé sur la sub-composition Fe₂O₃ (comme Fe total), MnO, TiO₂, MgO, SiO₂, Ba, Th, Nb, Zr, Y, Ce, Ga, V, Zn, Cu, Ni et Cr transformée en logarithmes de rapports utilisant également le Al₂O₃ comme diviseur car il s'agit de l'élément chimique qui présente le moins de variabilité. Dans ce traitement on a rejeté tous les éléments susceptibles d'être altérés par la cristallisation de phases secondaires. Ensuite, une analyse de grappe a été réalisée en utilisant la distance euclidienne au carré et le processus agglomératif du centroïde. Le dendrogramme résultant établit la proximité des amphores (fig. 6), dans un processus hiérarchique d'agglomération à partir de l'association des individus qui se trouvent à la base. Il met en évidence une structure dominée par un groupe majoritaire d'amphores associées (CG-A), et l'amphore CG11 qui apparaît isolée parce qu'elle contient les valeurs les plus élevées en Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, SiO₂, Rb, Th, Nb, Zr, Y, Ce, Ga, V et Zn de l'ensemble analysé.

La comparaison des données chimiques des 23 amphores de *cap Gros* avec les groupes de référence chimiques des productions amphoriques caractérisées précédemment par l'ERAAUB, appartenant à 26 ateliers différents, permet d'associer les deux groupes identifiés (CG-A et CG-B) à des ateliers ou zones de production spécifiques. Afin d'évaluer la provenance des 23 amphores, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisé sur la sub-composition Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, Nb, Zr, Y, Ce, Ga, V, Zn, Cu, Ni et Cr, transformée en logarithmes de rapports utilisant le SiO₂ comme diviseur. Les éléments susceptibles de présenter des valeurs perturbées ont été éliminés, même si le CaO a été pris en compte car il s'agit d'un élément très discriminant entre les productions amphoriques de pâte calcaire et peu calcaire. Le graphique de la figure 7 (fig. 7) montre la première et la deuxième composante principale, qui représente 79% de la variabilité totale.

Dans ce graphique (fig. 7), toutes les amphores appartenant au groupe chimique et pétrographique CG-A s'associent aux productions amphoriques de l'aire de *Baetulo* (Badalona), localisées dans la basse vallée du fleuve *Besòs*, en Léétanie méridionale. Il s'agit spécifiquement des groupes de référence des amphores Pascual I produites aux ateliers BIF et CP, localisées dans la banlieue de la ville romaine, proche de la mer et de la *via Augusta*. En revanche, l'amphore CG11, qui correspond au seul exemplaire du groupe CG-B repéré au *cap Gros*, apparaît isolée mais proche des productions amphoriques originaires des ateliers localisés à l'aire de la ville d'*Iluro* (Mataró), en Léétanie septentrionale, comme NTX (Argentona) et ACM (Cabrera de Mar) (Martínez 2014).

Conclusions

La caractérisation archéométrique réalisée sur les 23 amphores Pascual I provenant de l'épave de *cap Gros* met en évidence une grande homogénéité des pâtes. Même s'il manque une grande partie de la cargaison et que seuls quelques individus issus de cet ensemble ont été caractérisés, les résultats de cette étude signalent une même aire de provenance, voire un même atelier pour 22 des 23 amphores analysées. Elles ont été associées dans le groupe CG-A, et leur composition chimique, minéralogique et pétrographique est en concordance avec les données caractéristiques des productions de la ville de *Baetulo*.

Il s'agit d'amphores à pâte calcaire avec des concentrations en MgO plus hautes que les autres groupes de référence identifiés pour l'heure en Catalogne. D'un point de vue pétrographique, elles présentent des matrices maron-jaunâtres, vitrifiées, et sont principalement constituées d'éléments lithiques dérivés de roches granitoïdes liés à la *Serralada Litoral*. Comme dans ces productions, des agrégats limoneux ont aussi été identifiés dans quelques amphores du groupe CG-A de *cap Gros*. Les matières premières utilisées dans les ateliers de *Baetulo* correspondent probablement aux marnes et limolites dérivées des dépôts marins et continentaux d'époque miocène. Ces dépôts recouvrent une série granodioritique, avec leucogranites porphyriques, aplites, pegmatites, et porphyres leucogranitiques de l'ère carbonifère (ICC 2005a). La présence de calcaires, de calcaires dolomitiques et de dolomites entrecoupées d'argiles rouges d'époque triasique pourrait être responsable des hautes valeurs en CaO et MgO des productions amphoriques de *Baetulo*.

En revanche, l'amphore CG11 s'associe, du point de vue chimique, minéralogique et

péetrographique, aux productions amphoriques des ateliers situés en Léétanie septentrionale, autour de la ville d'*Iluro* (Mataró). Les matières premières utilisées dans ces ateliers correspondent à des sédiments quaternaires constitués par des argiles, du limon argileux et des graviers dérivés de matériaux granitiques de la *Serralada Litoral catalane*, riches en oxydes de fer et en inclusions dérivées des granitoïdes aussi liés à la *Serralada Litoral* (ICC 2005b).

Les résultats obtenus permettent de considérer que l'épave de *cap Gros* transportait majoritairement des amphores Pascual 1 produites autour la ville de *Baetulo*, même si une amphore représentant des productions d'*Iluro* était aussi présente dans l'épave. La présence d'un seul échantillon associé à cette zone de provenance est remarquable et pourrait correspondre à du mobilier de bord destiné à contenir des provisions de vin pour l'équipage, sans faire partie de la cargaison commerciale du navire. Mais il pourrait aussi correspondre au seul exemplaire d'un lot de provenance nord-léétanienne, presque complètement disparu aujourd'hui. L'absence de tout autre fragment de cette production ne plaide toutefois pas en faveur de cette seconde possibilité.

Le début de la production d'amphores Pascual 1 à *Baetulo* est daté des années 40 av. J.-C. et surtout de la période augustéenne quand ces productions ont largement été commercialisées en direction de la Gaule et du nord de l'Empire. D'autres épaves datées de la période augustéenne présentent des cargaisons d'origine similaire à celle de *cap Gros*. Il s'agit des celles d'*Els Ullastres* (Palafrugell) et de *cap del Vol* (Port de la Selva). Elles sont exclusivement constituées par des amphores de type Pascual 1, provenant majoritairement des ateliers de *Baetulo* (Martínez et alii 2013b). Ainsi, l'épave de *cap Gros* pourrait correspondre à un autre navire de ce type et de la même période, faisant route entre un port situé sur la côte centrale catalane, possiblement *Baetulo*, et celui de *Narbo Martius* (Narbonne).

Bibliographie :

Angourakis et alii 2018 : ANGOURAKIS (A.), MARTÍNEZ FERRERAS (V.), TORRANO (A.), GURT ESPARRAGUERA (J.-M.), Presenting multivariate statistical protocols, In : *R using Roman wine amphorae productions in Catalonia, Spain*. *Journal of Archaeological Sciences*, 93, 2018, p. 150 - 165.

Antequera et alii 2010 : ANTEQUERA (F.), PADRÓS (P.), RIGÓ (A.), VÁZQUEZ (D.), El suburbium occidental de *Baetulo*, In : VAQUERIZO (D.) éd., *Las áreas suburbanas en la ciudad histórica*. Topografía, usos, función, Monografías de Arqueología Cordobesa 18, Córdoba, 2010, p. 173 - 210.

Brechon et alii 2016 : BRECHON (F.), EL SAFADI (C.), ENCUENTRA (O.), NANTET (E.), PACHECO-RUIZ (R.), *Littoral du Languedoc-Roussillon, Port-Vendres et Collioure (Pyrénées-Orientales), Cap Gros / Baie de Collioure*, opération de prospection (OA 2935), rapport dactylographié, Aresmar 2016.

Brechon et alii 2017 : BRECHON (F.), ENCUENTRA (O.), NANTET (E.), SALVAT (M.), Sondages archéologiques sur le gisement sous-marin du cap Gros - Port-Vendres. Bilan 2017, *Archéo 66 - Bulletin Archéologique des Pyrénées-Orientales*, 32, 2017, p. 27-35.

Brechon et alii 2018 : BRECHON (F.), ENCUENTRA (O.), NANTET (E.), SALVAT (M.), Sondages archéologiques sur le gisement sous-marin du cap Gros - Port-Vendres. Bilan 2018, *Archéo 66 - Bulletin Archéologique des Pyrénées-Orientales*, 33, 2018, p. 32-36.

Buxeda i Garrigós, 1999 : BUXEDA I GARRIGÓS (J.), Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: The perturbation problem, *Journal of Archaeological Science* 26, 1999, p. 295-313.

Buxeda i Garrigós et alii 2004 : BUXEDA I GARRIGÓS (J.), MARTÍNEZ FERRERAS (V.), VILA SOCIAS (L.), Caracterització arqueomètrica de les àmfors Pascual 1 del derelict Culip VIII, In : CARRERAS (C.), AGUILERA (A.), BERNI (P.), GARROTE (E.), MARIMÓN (P.), MORAS (R.), MOROS (J.), NIETO (X.), PUIG (A.), REMESAL (J.), ROVIRA (R.), VIVAR (G.) éd., *Culip VIII i les àmfors Haltern 70*, Monografies del CASC 5, Generalitat de Catalunya, Girona, pp. 167 - 188.

Buxeda i Garrigós et alii 2005 : BUXEDA I GARRIGÓS (J.), CAU ONTIVEROS (M.-A.), MADRID I FERNÁNDEZ (M.), TONIOLO (A.), Roman amphorae from the *Julia Felix* shipwreck : alteration and provenance, In : HARS (H.), BURKE (E.) éd., *Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry, 22 - 26 April 2002, Amsterdam, Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies*, 3, Institute for Geo and Bioarchaeology of the Vrije Universiteit in Amsterdam, 2005, p. 149-151.

Colls et alii 2014 : COLLS (D.), CASTELI (G.), SALVAT (M.), MARTÍNEZ FERRERAS (V.), JÉZÉGOU (M.-P.), L'épave Port-Vendres 4 (Port-Vendres, Pyrénées-Orientales, France) : un exemple de commerce d'exportation à partir d'un port de Tarraconaise (Ier s. av. J.-C.), In : MARTÍNEZ FERRERAS (V.) dir., *La difusión comercial de las ánforas vinarias de Hispania Citerior-Tarraconensis (s. I a.C. - I. d.C.)*, Oxford, 2014, p. 147-164.

Cultrone et alii 2001 : CULTRONE (G.), RODRIGUEZ-NAVARRO (C.), SEBASTIAN (E.), CAZALLA (O.), DE LA TORRE (M.-J.), Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, *European Journal of Mineralogy*, 13, 2001, p. 621-634.

Fabbri et alii 2014 : FABBRI (B.), GUALTIERI (S.), SHOVAL (S.), Review. The presence of calcite in archaeological ceramics, *Journal of the European Ceramic Society*, 34, 2014, p. 1899-1911.

ICC, 2005a : *Barcelonès. Mapa geològic comarcal de Catalunya 1:50000*, 13, Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.

ICC, 2005b : *Maresme. Mapa geològic comarcal de Catalunya 1:50000*, 21, Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.

Maggetti et alii 2011 : MAGGETTI (M.), NEURURER (C.), RAMSEYER (D.), Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing, *Applied Clay Science*, 53, 2011, p. 500-508.

Maniatis et alii 1983 : MANIATIS (Y.), SIMOPOULOS (A.), KOSTIKAS (A.), PERDIKATIS (V.), Effect of reducing atmosphere on minerals and iron oxides developed in fired clays : the role of Ca, *Journal of the American Ceramic Society*, 66, 1983, p. 773-781.

Maritan et alii 2004 : MARITAN (L.), MAZZOLI (C.),

Phosphates in archaeological finds : implications for environmental conditions of burial, *Archaeometry* 46 (4), 2004, p. 673-683.

Maritan et alii 2009 : MARITAN (L.), ANGELINI (I.), ARTIOLI (G.), MAZZOLI (C.), SARACINO (M.), Secondary phosphates in the ceramic materials from Frattesina (Rovigo, North-Eastern Italy), *Journal of Cultural Heritage*, 10, 2009, p. 144-151.

Martínez Ferreras, 2014 : MARTÍNEZ FERRERAS VERÓNICA(V.), *Anforas vinarias de Hispania Citerior-Tarraconensis (s. I a.C. - I d.C.) : caracterización arqueométrica*. Roman and Late Antique Mediterranean Pottery 4, Oxford, 2014, 319 p.

Martínez Ferreras et alii 2015 : MARTÍNEZ FERRERAS (V.), CAPELLI (C.), JÉZÉGOU MARRIE-PIERR(M.-P.), SALVAT (M.), CASTELLVI (G.), CABELLA (R.), The Port-Vendres 4 Shipwreck Cargo: evidence of the Roman wine trade in the western Mediterranean, *International Journal of Nautical Archaeology*, 44, 2015, p. 277-299

Martínez Ferreras 2017 : MARTÍNEZ FERRERAS (V.), Caracterització arqueomètrica per FRX, DRX i MO, In : TREMOLEDA (J.), CASTANYER (P.), SIMÓN (J.), ET FERRER (A.) éd., *La bòbila romana d'Ermedàs (Cornellà de Terri). Una indústria de producció ceràmica d'època romana al Pla de l'Estany*. Cornellà de Terri, 2017, p. 25-40.

Martínez Ferreras et alii 2013 : MARTÍNEZ FERRERAS (V.), GUTIÉRREZ GARCÍA-MORENO (A.), Caracterització arqueomètrica de les àmfores produïdes a les terrisseries del Baix Llobregat, In : CARRERAS MONFORT (C.), LÓPEZ MULLOR (A.), GUITART I DURAN (J.) éd., *Barcino II: Marques i terrisseries del Baix Llobregat*, Institut d'Estudis Catalans-Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Barcelone, 2013, p. 97-126.

Martínez Ferreras et alii 2013 a : MARTÍNEZ FERRERAS (V.), JÉZÉGOU (M.-P.), DESCAMPS (C.), SALVAT (M.), La proveniencia de las ánforas vinarias tarraconenses del pecio Port-Vendres 5 (Pirineos Orientales, Francia), In : NIETO (X.), RAMÍREZ (A.), RECIO (P.) éd., *Navegación y Comercio en la Antigüedad. Actas del I Congreso de Arqueología Náutica y Subacuática Española, Cartagena, 14-16 marzo 2013*, ArNSe, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid, 2013, p. 109-125.

Martínez Ferreras et alii 2013 b : MARTÍNEZ FERRERAS (V.), CAPELLI (C.), CABELLA (R.), NIETO (X.), From

Hispania Tarraconensis (NE Spain) to Gallia Narbonensis (S France). New data on Pascual 1 amphorae trade in the Augustan period, *Applied Clay Science*, 82, 2013, p. 70-78.

Nodari 2007 : NODARI (L.), MARCUZ (E.), MARITAN (L.), MAZZOLI (C.), RUSS (U.), Hematite nucleation and growth in the firing of carbonate-rich clay for pottery production, *Journal of the European Ceramic Society*, 27, 2007, p. 4665-4673.

Parker 1992 : PARKER (A.-J.), *Ancient shipwrecks of the Mediterranean & the Roman Provinces*, BAR International Series 580, Oxford, 1992, 569 p.

Quinn 2013 : QUINN (P.-S.), *Ceramic petrography. The interpretation of archaeological pottery and related artefacts in thin section*, Oxford, 2013, 260 p.

Schwedt et alii 2006 : SCHWEDT (A.), MOMMSEN (H.), ZACHARIAS (N.), BUXEDA (J.), Analcime crystallization and compositional profiles-comparing approaches to detect post-depositional alterations in archaeological pottery, *Archaeometry*, 48, 2006, p. 237-251.

Tremoleda i Trilla 2000 : TREMOLEDA I TRILLA (J.), *Industria y artesanado cerámico de época romana en el nordeste de Cataluña : época augustea y altoimperial*, Oxford, 2000, 341 p.

Tremoleda i Trilla 2008 : TREMOLEDA I TRILLA (J.), Les instal·lacions productives d'àmfores tarraconenses ». In LÓPEZ MULLOR (A.), AQUILUÉ ABADÍAS (X.), eds., *La producció i el comerç de les àmfores de la Província Hispania Tarraconensis. Homenatge a Ricard Pascual i Guasch*, Monografies del Museu d'Arqueologia de Catalunya (MAC) 8, Barcelone, p. 113 -150.

Trindade et alii 2009 : TRINDADE (M.-J.), DIAS (M.-I.), COROADO (J.), ROCHA (F.), Mineralogical transformations of calcareous rich clays with firing : a comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal, *Applied Clay Science*, 42, p. 345-355.

Trindade et alii 2010 : TRINDADE (M.-J.), DIAS (M.-I.), COROADO (J.), ROCHA (F.), Firing tests on clay-rich raw materials from the Algarve Basin (South Portugal) : study of the mineral transformations with temperature, *Clays and Clay Minerals*, 58, 2010, p. 188-204.

Whitbread 1995 : WHITBREAD (I.-K.), *Greek transport amphorae: a petrological and archaeological study*, British School at Athens, Fitch Laboratory Occasional Paper 4, Athènes, 1995, XXIV + 453 p.