



HAL
open science

Le four à chaux FR 1430 de Saint-Martin-le-Bas (Gruissan, Aude) : éclairage interdisciplinaire sur la chaufournerie en pays narbonnais aux XIe-XIIIe siècles

Christophe Vaschalde, Guillaume Duperron, Aline Doniga, Fabrice Bigot,
Philippe Bromblet, Patrice Cervellin

► To cite this version:

Christophe Vaschalde, Guillaume Duperron, Aline Doniga, Fabrice Bigot, Philippe Bromblet, et al..
Le four à chaux FR 1430 de Saint-Martin-le-Bas (Gruissan, Aude) : éclairage interdisciplinaire sur la
chaufournerie en pays narbonnais aux XIe-XIIIe siècles. *Archéologie médiévale*, 2019, 49, pp.53 - 86.
10.4000/archeomed.23516 . halshs-04676967

HAL Id: halshs-04676967

<https://shs.hal.science/halshs-04676967v1>

Submitted on 24 Aug 2024

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.

Le four à chaux FR 1430 de Saint-Martin-le-Bas (Gruissan, Aude) : éclairage interdisciplinaire sur la chaufournerie en pays narbonnais aux XI^e-XIII^e siècles

The Workshop-Houses of the Colombier hill (Ardèche). Working and living on a mining site in the Cévennes in the 11th and 12th centuries

Die Werkstatt Häuser der Silbergruben von Le Colombier (Ardèche). Arbeit und Leben in einem Bergwerk der Cévennes im 11. und 12. Jh.

Christophe Vaschalde, Guillaume Duperron et Aline Doniga



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/archeomed/24754>

DOI : 10.4000/archeomed.24754

ISSN : 2608-4228

Éditeur

CNRS Éditions

Édition imprimée

Date de publication : 20 décembre 2019

Pagination : 53-86

ISBN : 978-2-271-13126-3

ISSN : 0153-9337

Référence électronique

Christophe Vaschalde, Guillaume Duperron et Aline Doniga, « Le four à chaux FR 1430 de Saint-Martin-le-Bas (Gruissan, Aude) : éclairage interdisciplinaire sur la chaufournerie en pays narbonnais aux XI^e-XIII^e siècles », *Archéologie médiévale* [En ligne], 49 | 2019, mis en ligne le 03 février 2020, consulté le 16 mars 2020. URL : <http://journals.openedition.org/archeomed/24754> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/archeomed.24754>

49

2019

Archéologie médiévale

*Ouvrage publié avec le concours
du ministère de la Culture
Direction générale des patrimoines
(Sous-direction de l'Archéologie)*

Revue soutenue par l'Institut des Sciences Humaines et Sociales du CNRS

CNRS ÉDITIONS

15, rue Malebranche - 75005 Paris

Le four à chaux FR 1430 de Saint-Martin-le-Bas (Gruissan, Aude) : éclairage interdisciplinaire sur la chaufournerie en pays narbonnais aux XI^e-XIII^e siècles

Christophe VASCHALDE*, Guillaume DUPERRON**, Aline DONIGA***,
avec la collaboration de Fabrice BIGOT****, Philippe BROMBLET***** et Patrice CERVELLIN*****

Mots-clés : four à chaux, artisanat, ressources naturelles, combustible, minéralogie, anthracologie, construction, vie économique, analyse physico-chimique, milieu végétal, château, emploi

Résumé : La fouille de l'établissement portuaire antique de Saint-Martin-le-Bas à Gruissan (Aude) a mis au jour une importante occupation médiévale, à laquelle est associé un four à chaux daté entre le XI^e et le début du XIII^e siècle. Cette structure étant exceptionnellement bien conservée, un large éventail d'analyses archéométriques a pu être réalisé, qui met en lumière l'organisation du travail des chaufourniers et permet de mieux appréhender le niveau de technicité de leur savoir-faire. Dans un contexte de fort développement de l'usage de la chaux dans le bâtiment, les artisans de Saint-Martin-le-Bas ont su mettre à profit les matières premières récupérées et le combustible issu des boisements de la frange littorale dans un territoire faisant l'objet d'une stratégie de mise en valeur de la part des archevêques de Narbonne.

Keywords: lime kiln, crafts, natural resources, fuel, mineralogy, anthracology, building, economic life, physical chemistry, vegetational environment, castle, re-use

Abstract: The FR 1430 Lime Kiln of Saint-Martin-le-Bas (Gruissan, Aude): an Interdisciplinary Highlight on Lime Burning in Narbonne Region in the 11th-13th centuries. An important medieval settlement was discovered in Saint-Martin-le-Bas (Gruissan, Aude) thanks to the archaeological excavations of the ancient port. A lime kiln dated between the 11th and the beginning of 13th century has been associated to this occupancy. This structure being exceptionally well preserved, a wide range of archeometric analyses has been carried out. They help to better understand the organization of the work and the level of technicality of the savoir-faire of the lime burners. In a context of strong development of the use of lime in construction, the craftsmen of Saint-Martin-le-Bas have been able to take advantage of the raw materials recovered and the fuel from the coastal fringe in a territory making the object of a strategy of development by the archbishops of Narbonne.

Schlüsselwörter: kalkofen, handwerk, rohstoffe, brennstoff, mineralogie, anthrakologie, bau, wirtschaft, physikalisch-chemische analyse, pflanzenmilieu, Burg, Wiederverwendung

Zusammenfassung: Der Kalkofen FR 1430 in Saint-Martin-le-Bas bei Gruissan (Aude). Eine interdisziplinäre Untersuchung zur Kalkbrennerei in der Gegend von Narbonne im 11.-13. Jh. Die Ausgrabung der antiken Hafenanlage von Saint-Martin-le-Bas in Gruissan (Aude) hat auch eine bedeutende mittelalterliche Siedlung zu Tage gefördert; dazu gehörte ein zwischen dem 11. und dem frühen 13. Jh. datierbarer Kalkofen. Da er ungewöhnlich gut erhalten war, konnte eine ganze Palette von archäometrischen Analysen durchgeführt werden. Sie beleuchten die Arbeitsorganisation der Kalkbrenner und geben Auskunft über ihr technisches Know-how. In einer Zeit, in welcher Kalk im Baugewerbe immer mehr gebraucht wurde, verstanden es die Handwerker von Saint-Martin-le-Bas – in einem Gebiet, das die Erzbischöfe von Narbonne damals auszubauen versuchten – sich wiederverwendete Rohstoffe und den Brennstoff der Küstenwälder zunutze zu machen.

* UMR 5554, Isem, Institut des sciences de l'évolution de Montpellier, CNRS, Univ Paul-Valéry Montpellier, MCC, F-34000 Montpellier, IRD, EPHE.

** Sète agglomération méditerranéenne, chercheur associé UMR5140, ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, Univ Paul-Valéry Montpellier, MCC, F-34000 Montpellier.

*** Chercheur associé CCJ UMR 7299.

**** Chercheur associé UMR5140, ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, Univ Paul-Valéry Montpellier, MCC, F-34000 Montpellier.

***** Centre interdisciplinaire de conservation et de restauration du patrimoine (Marseille).

***** Maître de conférences associé à l'université Paul-Valéry Montpellier.

INTRODUCTION

Les pratiques de construction comptent parmi les marqueurs socio-culturels les plus visibles pour les médiévistes, et leurs évolutions, parfois très marquées, offrent un éclairage précieux sur la société et l'économie médiévales. Très tôt, les archéologues ont perçu ces évolutions, faisant état du déclin de la construction en pierre au cours du haut Moyen Âge¹ avant un retour de cette pratique à la faveur des mutations de la société médiévale. La multiplication des fortifications privées entre la fin du X^e et le courant du XII^e siècle², qui accompagne l'affirmation du pouvoir châtelain³, et la reconstruction de nombreuses églises au cours de la même période⁴, phénomènes qui marquent à la fois le Languedoc et les régions voisines⁵, sont autant de chantiers qui s'ouvrent et dans lesquels s'expriment l'évolution des techniques et celle des goûts et des modes. Alors que le regard des chercheurs s'est focalisé sur les matériaux « principaux » des maçonneries (pierre, bois, etc.), un changement d'angle de vue a été proposé récemment, afin d'attirer l'attention sur les liants⁶. Les recherches initiées sur la chaufournerie du Midi depuis une douzaine d'années⁷ ont inévitablement conduit à s'interroger sur la variation de la demande en chaux dans le bâtiment au cours du Moyen Âge, et donc sur l'évolution de la nature des liants (à la chaux, à la terre, au plâtre, etc.). L'histoire des mortiers de chaux du Midi n'est pas linéaire, tant s'en faut. Leur usage se répand de manière fulgurante avec la romanisation, avant de se rétracter progressivement entre le V^e et le VIII^e siècle, pour connaître un nouvel élan après l'an Mil et tout au long du second Moyen Âge⁸. Mais cette histoire des mortiers de chaux n'éclaire qu'une partie de l'histoire de la chaux elle-même, qui est également utilisée, parfois en grandes quantités, dans d'autres activités de production (tannerie, savonnerie, etc.). Au cours du Moyen Âge central, le développement de ces activités est étroitement lié à la croissance urbaine et au développement des réseaux d'échanges locaux et régionaux. Les villes languedociennes, comme Narbonne et Montpellier par exemple, participent pleinement de ce mouvement⁹, amplifiant ainsi l'augmentation de la demande en chaux entre l'an Mil et le XIII^e siècle.

Un tel contexte ne peut que susciter des interrogations quant à l'organisation de la production de chaux durant cette époque. La recherche sur la chaufournerie médiévale ayant connu certaines avancées dans le monde méditerranéen,

comme dans d'autres régions plus septentrionales¹⁰, cet artisanat, autrefois seulement considéré comme un destructeur de monuments antiques, constitue désormais un véritable objet d'étude. Toutefois, de nombreux aspects sont encore à explorer, à commencer par la persistance et le renouvellement des techniques de cuisson. En Provence et en Languedoc, les chaufourniers du haut Moyen Âge utilisent au moins trois procédés différents, tous fondés sur le principe de la longue flamme (foyer séparé de la charge de pierres par une voûte en encorbellement) : fours à couloir-foyer, fours à gueule basse et fours à gueule haute¹¹. Ces deux derniers se distinguent par la position de la gueule et du sol de la fosse d'accès par rapport au niveau du foyer. Les fours à gueule basse comportent un foyer installé au même niveau que le sol de la fosse d'accès, tandis que les fours à gueule haute fonctionnent avec un foyer installé à un niveau bien inférieur au sol de la fosse, ce qui suppose un surcreusement du four et l'adoption de gestes d'enfournement spécifiques. Au cours du Moyen Âge central, période d'extension de l'usage de la chaux, de nouvelles techniques de cuisson font leur apparition. Certaines utilisent le principe de la courte flamme (alternance de lits de combustible et de matière première), comme les meules et les fosses de cuisson. Les techniques de cuisson à la longue flamme persistent, à l'exception des fours à couloir-foyer, dont les dernières attestations se situent vers le VII^e siècle¹². Enfin, vers le XIII^e siècle, des innovations semblent voir le jour, comme la cuisson mixte (superposition d'une charge de chaux et d'une charge de terres cuites architecturales dans un même four) et certaines formes de fours à foyers multiples¹³. La diversification des techniques du Moyen Âge central pose la question de l'origine des savoir-faire (sont-ils locaux ou exogènes?), de la maîtrise des différentes formes d'énergie thermique (feu long ou court), de la spécificité des chaînes opératoires qui sont associées à chacun de ces procédés, et des modalités de leur intégration à l'économie. Les questionnements ne sont pas uniquement d'ordre technique. Aux alentours de l'an Mil, le retour de l'usage des mortiers de chaux est manifeste dans les bâtiments élitaires (églises, fortifications, etc.). Le rôle moteur des élites dans les dynamiques des arts du feu et, plus particulièrement, l'articulation de l'évolution de la chaufournerie avec les changements socio-politiques du Moyen Âge central, ainsi que l'identification des commanditaires, constituent des problématiques encore très peu explorées. Se pose également la question de la possibilité de recourir à des réseaux d'échanges pour alimenter les fours en matières premières et/ou pour écouler la production¹⁴.

Les chaînes opératoires associées à chacun des procédés identifiés au cours du Moyen Âge bénéficient d'éclairages très inégaux, les modes de chargement et d'alimentation en combustible des fours à longue flamme étant, par exemple, mieux documentés que ceux des autres procédés. Les zones d'ombre

1. PESEZ 1985, p. 197.

2. DURAND 1998, p. 108.

3. BOURIN-DERRUAU 1987a et b.

4. PESEZ 1985, p. 197.

5. À propos de l'usage des mortiers de chaux dans l'habitat seigneurial et villageois en Provence, voir notamment : DÉMIANS D'ARCHIMBAUD 1973 et 1980, p. 226, ainsi que MOUTON 2008 et 2015. Pour ce qui concerne les églises provençales, voir FIXOT 1994. Les pratiques de construction en Catalogne du nord sont documentées par CATAFAU 1998 et CONSTANT 2005, vol. 1, p. 108.

6. VASCHALDE 2018, p. 194-206.

7. Id. 2012, 2013 et 2018.

8. Id. 2018, p. 194-206.

9. CHOLVY 1984; CAILLE 1995, 1998 et 2005; MICHAUD, CABANIS 2004.

10. VECCHIATINI 1997; GERBER *et al.* 2002; THIRIOT 2005-2006; USCHMANN 2006; PETRELLA 2007 et 2008; VECCHIATINI 2009; VASCHALDE 2012; DEMAREZ 2014; VASCHALDE 2018. Notons également les travaux d'A. Kersuzan dans les États de Savoie, portant sur les comptes de châtellenies (KERSUZAN 2003).

11. VASCHALDE 2018, p. 108, fig. 50.

12. Id. *et al.* 2014a.

13. THIRIOT 2005-2006.

14. BOUGARD *et al.* 1987, p. 732; PITTALUGA *et al.* 2013; VASCHALDE *et al.* 2016.

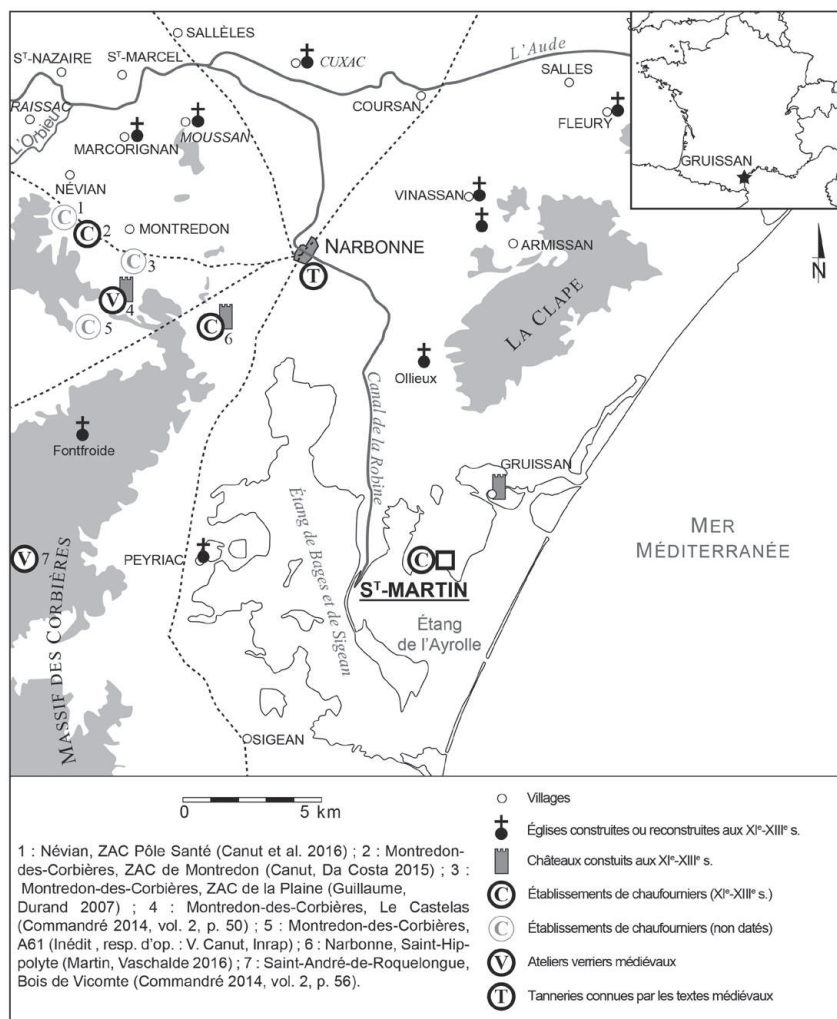


Fig. 1 Carte de situation du site de Saint-Martin-le-Bas au sein du Narbonnais médiéval (DAO C. Vaschalde).

qui subsistent empêchent de proposer une reconstitution de l'organisation du travail à partir des vestiges archéologiques, notamment du fait de la difficulté voire de l'impossibilité de mettre au jour les vestiges des zones de travail (concassage, stockage, etc.). Le chargement des fours et les techniques d'agencement des pierres, révélatrices du degré de technicité des artisans, laissent peu de traces car, une fois cuites, les pierres sont retirées. Une partie de la structure même des fours échappe donc aux archéologues et les exemples de chargement restés en place, même partiellement, sont rarissimes. Pourtant, c'est bien ce type de vestige qui présente un potentiel exceptionnel pour reconstituer le travail des chaufourniers. La recherche peine également à appréhender les espaces d'exploitation investis par les artisans. Si les pierres à chaux sont fréquemment récoltées autour des fours, qu'en est-il du bois ? Son origine locale, aussi évidente soit-elle, ne doit pas laisser conclure que l'organisation des coupes de bois et l'extension des surfaces d'approvisionnement est comprise des chercheurs, tant s'en faut. L'impact de la production de chaux sur la composition des boisements constitue un enjeu de premier ordre, notamment au cours du Moyen Âge central lors du développement considérable de la chaufournerie. Sur ce point, le principal écueil réside dans la difficulté de l'archéologie à mettre au jour des sites de

production de chaux présentant une stratigraphie couvrant une longue période, avec une accumulation de charbons de bois permettant d'envisager une restitution, sur la longue durée, de l'évolution des boisements exploités.

En 2016, sur le site de Saint-Martin-le-Bas à Gruissan (Aude), un four à chaux des XI^e-XIII^e siècles a été mis au jour. Jusqu'alors, l'archéologie, tant préventive que programmée, avait rarement donné l'occasion d'étudier en profondeur l'artisanat médiéval de la chaux en Languedoc. Ce four, implanté à quelques encablures du littoral et des étangs de la lagune de Narbonne, présente un état de conservation exceptionnel. Sa fouille, puis son étude, ont été l'occasion de développer une approche pluridisciplinaire, reposant sur la mobilisation d'un large éventail de disciplines et d'analyses (anthracologie, modélisation chronologique, étude des matériaux, etc.). Dans une démarche de microhistoire, ce riche dossier permet de reconstituer les étapes de la production et les gestes des chaufourniers, ce qui apporte un éclairage précieux au fonctionnement de la chaufournerie languedocienne du Moyen Âge central. Il contribue également à caractériser les activités économiques du littoral narbonnais. Surtout, il permet de disposer des éléments nécessaires pour une étude de cas qui documente la mise en valeur d'un territoire par les pouvoirs locaux.

1. LE SITE : UNE OCCUPATION SUR LA LONGUE DURÉE

L'établissement littoral de Saint-Martin-le-Bas à Gruissan (Aude) se situe à une douzaine de kilomètres au sud-est de Narbonne et occupe une position stratégique à l'entrée du complexe lagunaire narbonnais (fig. 1). Il fait actuellement l'objet, dans le cadre du PCR « Les ports antiques de Narbonne », d'une fouille programmée dont l'ambition est de caractériser les modalités de l'occupation et de l'exploitation de cette zone littorale dans le temps long¹⁵.

1.1. PRÉSENTATION DES PRINCIPALES PHASES D'OCCUPATION

1.1.1. Un avant-port de Narbonne au cours du Haut-Empire

Après une première occupation, encore peu documentée, durant l'époque tardo-républicaine¹⁶, l'établissement connaît une profonde restructuration au début du 1^{er} siècle ap. J.-C., marquée par la mise en place d'aménagements de grande ampleur. À cette époque, on assiste en effet à l'édification, près du littoral, d'un ensemble bâti se développant sur environ 800 m². Il comporte, en sous-sol, deux citernes constituant une réserve d'eau de plus de 80 m³, très probablement destinée à l'approvisionnement des navires. Dans le même temps, un autre bâtiment de grandes dimensions est construit dans la partie centrale du site. S'étendant sur plus de 2 000 m² et organisé autour d'une cour à portiques de près de 400 m², il comporte notamment un édifice en grand appareil et deux balnéaires. L'analyse de ces vestiges et le contexte dans lequel s'inscrit l'établissement ont permis de l'interpréter comme un ensemble à caractère public, vraisemblablement en lien avec le système portuaire de Narbonne. En ce qui concerne en particulier ce bâtiment, on a suggéré qu'il pouvait accueillir un certain nombre d'activités administratives liées au fonctionnement du port et plus largement aux opérations commerciales¹⁷.

1.1.2. L'occupation tardo-antique

Après leur démantèlement dans le courant du v^e siècle, une nouvelle occupation se développe dans l'emprise de ces bâtiments¹⁸. La fouille d'une importante série de silos et de fosses-dépotoirs a ainsi fourni une riche documentation sur la culture matérielle, l'alimentation, les activités économiques et les échanges commerciaux au cours des v^e et vi^e siècles. L'ensemble de ces données livre l'image d'une population exploitant les ressources naturelles locales, en particulier celles

liées à la lagune et à la mer (pêche et récolte des coquillages). L'établissement demeure très largement ouvert au grand commerce méditerranéen, comme en atteste l'abondance des objets provenant d'Afrique et d'Orient. Les recherches en cours ont également permis d'explorer l'aire funéraire associée à cette occupation¹⁹. Les structures d'habitat de cette période restent quant à elles très mal connues. En effet, seules deux cabanes à sols excavés ont été reconnues dans l'emprise de la fouille²⁰. Toutefois, leurs faibles dimensions (6,5 et 12 m²) et leur localisation à proximité immédiate des silos et des dépotoirs suggèrent plutôt de les interpréter comme des bâtiments en lien avec les activités économiques. Néanmoins, la présence sur le site d'une aire funéraire atteste le caractère permanent de cette occupation, et donc l'existence d'un habitat. L'absence de bâti pour cette phase pourrait s'expliquer par les destructions considérables provoquées par les mises en culture récentes qui auraient pu faire entièrement disparaître des bâtiments faiblement fondés et/ou construits en matériaux légers. On peut également envisager une localisation de l'habitat hors de l'emprise de la fouille, notamment au nord du site, où se situe une source pérenne. Les zones fouillées jusqu'à présent constitueraient, d'une part, un espace réservé aux activités économiques (boucherie, traitement des coquillages et des poissons, stockage et mouture des céréales, etc.) et au rejet des déchets domestiques, idéalement situé entre l'habitat et le rivage de l'étang, et d'autre part, sur une petite éminence rocheuse surplombant le littoral, un peu en marge de cet ensemble, le cimetière de cette communauté rurale.

1.1.3. Au Moyen Âge : une occupation encore mal définie (fig. 2)

Après le début du vii^e siècle, aucune trace d'occupation n'est plus attestée, en l'état actuel des recherches²¹, jusqu'au Moyen Âge central. Dès 1999 en effet, lors de la première campagne de sondages conduite dans la partie centrale du site, une occupation de cette période avait été identifiée. Celle-ci s'était manifestée par la présence d'un dépotoir riche en faune et en coquillages, qui avait également livré un lot de céramiques caractéristique du Moyen Âge central²². La reprise des recherches, à partir de 2011, cette fois-ci dans le cadre d'une fouille extensive portant sur l'ensemble de cette parcelle, a permis d'identifier un nouveau dépotoir médiéval (FS 2092), à proximité de celui fouillé en 1999. La fouille de ce dépotoir, daté entre la fin du x^e siècle et le milieu du xii^e siècle²³, a livré d'abondantes données matérielles et paléoenvironnementales

19. COBOS *et al.* à paraître.

20. DUPERRON *et al.* 2014.

21. Outre l'ampleur des destructions provoquées par les travaux agricoles récents sur la parcelle étudiée, qui auraient pu effacer complètement les vestiges d'une éventuelle occupation du premier Moyen Âge, il convient de souligner que seule une partie relativement limitée du site a été explorée pour l'heure. On connaît en effet des exemples de micro-déplacements topographiques durant cette période (SCHNEIDER 2007).

22. SANCHEZ *et al.* 2000, p. 336 et fig. 32.

23. Cette datation s'appuie sur deux analyses ¹⁴C effectuées sur des charbons de bois issus des comblements le plus ancien (US 2125 : Poz-86472, 960 +/- 30 BP) et le plus récent (US 2102 : Poz-86474, 1015 +/- 30 BP).

15. Ce programme de recherche dirigé par C. Sanchez (CNRS, UMR5140 ASM) se déroule dans le cadre d'un partenariat entre la Région Occitanie, le CNRS, le Ministère de la Culture (Drac et DRASSM), l'Université Paul-Valéry, les communes de Narbonne et de Gruissan (SANCHEZ *et al.* 2015).

16. SANCHEZ *et al.* 2000, p. 339; ID. 2009, p. 312-313.

17. DUPERRON et MAUNÉ 2016.

18. DUPERRON à paraître.

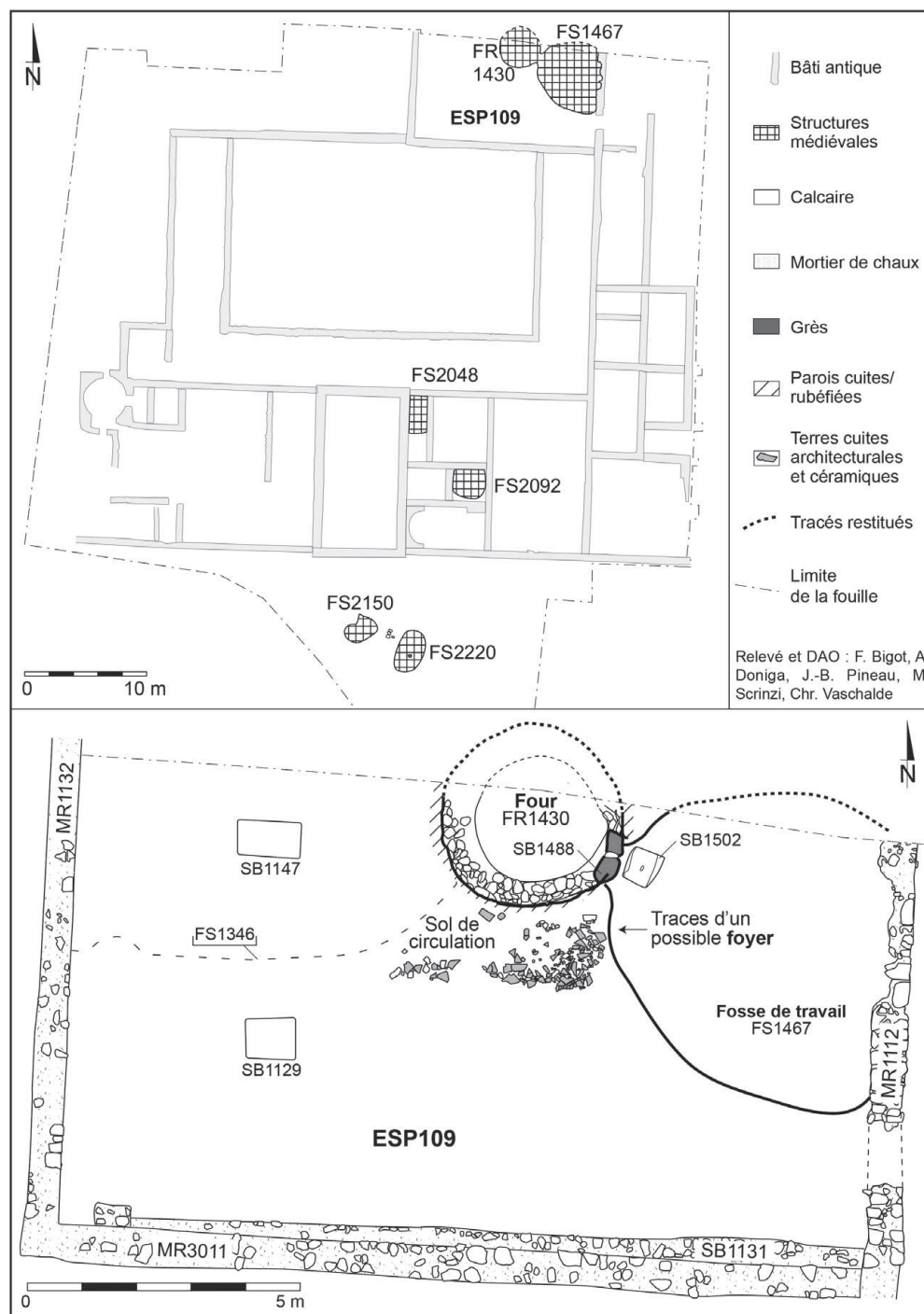


Fig. 2 En haut : plan général du bâti antique et des vestiges médiévaux; en bas : plan du four FR1430 dans l'espace 109 (DAO M. Scrinzi, A. Doniga et C. Vaschalde).

témoignant de rejets d'activités domestiques²⁴. À une centaine de mètres au sud, à proximité immédiate du littoral de la lagune, des observations préliminaires ont montré la présence de niveaux médiévaux particulièrement bien conservés, également datés des XI^e-XII^e siècles. La présence de nombreux foyers, associés à de vastes dépotoirs, semble témoigner d'une exploitation intensive des ressources locales. Par ailleurs,

la découverte dans ce secteur de trois monnaies frappées entre la fin du X^e et le début du XIII^e siècle²⁵, dont la présence est tout à fait inhabituelle à cette époque en contexte rural, ainsi que plusieurs trompes d'appel en céramique, pourrait constituer un indice de la présence d'une garnison sur le site.

24. DUPERRON *et al.* à paraître.

25. LE BRAZIDEC et DUPERRON 2017, p. 218 et données inédites.

1.2. IMPLANTATION DES STRUCTURES DE CHAUFOURNERIE

Ainsi, après l'abandon de la fonction portuaire du site, l'occupation semble principalement tournée vers l'exploitation des ressources locales, parmi lesquelles on trouve la production de chaux. Soupçonnée pendant l'Antiquité tardive, cette activité est clairement attestée au cours du Moyen Âge central.

1.2.1. Une première activité de production de chaux au IV^e siècle ?

La fouille de l'espace 109 (fig. 2), situé en limite nord de la zone de fouille, a été l'occasion de mettre au jour les rejets d'une possible activité de chaufourniers. Cette pièce, qui mesure 15 m de longueur pour une largeur reconnue de 9 m (la partie nord, située sous un chemin, n'a pas été fouillée), est dévolue au cours du Haut-Empire à une fonction de stockage dans des *dolia*. Après son démantèlement, la partie nord-ouest de l'espace est occupée par un grand dépotoir (FS 1346) daté de la fin du IV^e-début du V^e siècle. Cette fosse a livré un abondant matériel composé de céramiques, de monnaies, d'os de faune, de coquillages, de rares restes carpologiques et anthracologiques, et d'objets témoignant d'une activité de pêche. Surtout, une série de possibles rejets provenant d'un four à chaux a été mise au jour (fig. 3). On compte un fragment de paroi de four, ainsi que plusieurs nodules de différentes tailles d'argile cuite beige, grossière, et portant de possibles négatifs de cailloux. Ces nodules pourraient provenir d'une chape d'argile installée sur le dôme d'une charge de chaux. Enfin, de petits blocs vitrifiés lourds, généralement vert foncé, comportant souvent des bulles, et parfois de petites inclusions de chaux ont également été mis au jour. Ce type de reste est typique des surcuits de fours à chaux.

Ainsi, malgré l'absence de structure de production de chaux datée de l'Antiquité tardive à Saint-Martin, un faisceau d'indices incite à envisager l'existence d'une activité de ce type sur le site à cette époque.

1.2.2. L'implantation du four FR 1430

En 2015, une légère extension de l'emprise de fouille au nord de la parcelle, dans un secteur protégé des travaux agricoles récents par un épais pierrier, a conduit à la mise au jour d'un four à chaux médiéval (FR 1430), dont la fouille durant la campagne 2016 a révélé l'exceptionnel état de conservation.

Ce four, ainsi que sa fosse d'accès FS 1467, sont implantés dans la partie nord-est de l'espace 109. Celui-ci recoupe le dépotoir tardo-antique FS 1346. Les parties nord du four et de sa fosse n'ont pas été reconnues, étant implantées hors de l'emprise de la fouille, sous un chemin. Leur plan peut toutefois être aisément restitué par symétrie. Du côté est, l'extension de la fosse d'accès FS 1467 est contrainte par le mur antique MR 1112. Une partie du parement occidental de ce mur a été détruite, probablement au moment de son creusement. Depuis la fosse d'accès, le four est accessible par une gueule SB 1488, devant laquelle est posé un bloc antique de calcaire coquillier SB 1502. Enfin, il faut signaler la présence, immédiatement

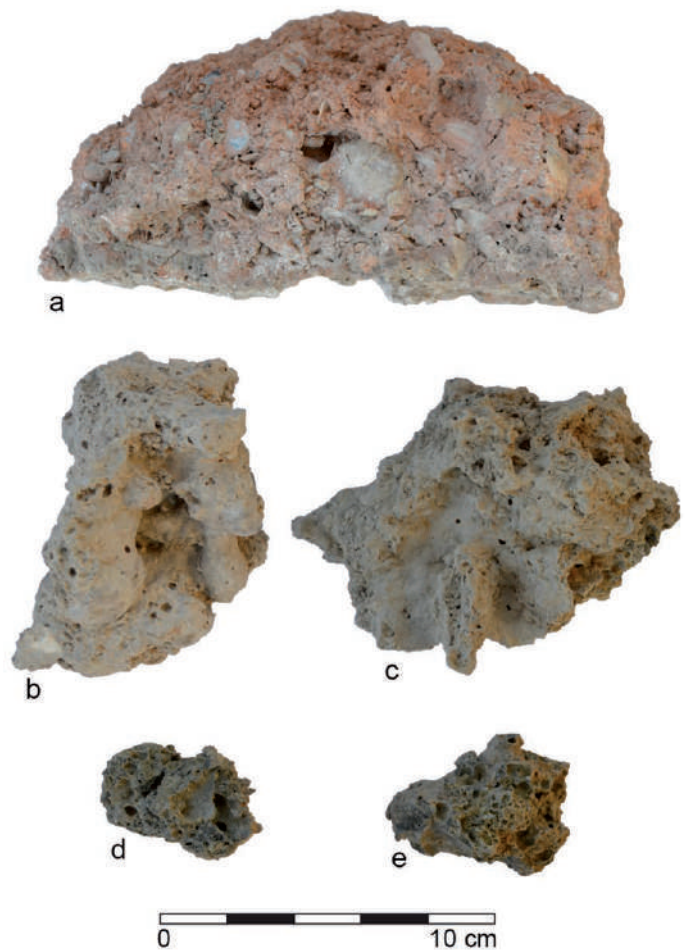


Fig. 3 Déchets d'une activité de production de chaux de l'Antiquité tardive (cl. et DAO C. Vascalde), a : fragment de paroi de four ; b : fragment d'argile cuite avec coulures ; c : fragment d'argile cuite avec négatif de pierre ; d et e : fragments vitrifiés.

au sud du four, d'un épandage de fragments de tuiles contenant de rares tessons de céramiques et petits blocs calcaire (US 1337), qui correspondent aux restes de l'espace de circulation situé autour du gueulard du four. Ce type d'espace, observé à plusieurs reprises lors d'enquêtes ethnoarchéologiques²⁶, est très rarement mis au jour par l'archéologie.

2. LE FOUR

2.1. LES STRUCTURES

Le four à chaux, de plan subcirculaire (fig. 4), mesure environ 3,40 m de diamètre. Son état de conservation est exceptionnel, puisque les parois ont été reconnues sur plus de 2,20 m de hauteur (fig. 5). Celles-ci (SB 1483), au profil globalement vertical, sont directement creusées dans l'encaissant, sans lutage d'argile, comme en témoignent de nombreuses traces d'outils de creusement (fig. 6). Elles sont cuites sur 10 à 15 cm

26. VASCHALDE *et al.* 2015.



Fig. 4 Vue zénithale du four FR1430 et de sa fosse d'accès FS1467 (cl. G. Duperron).

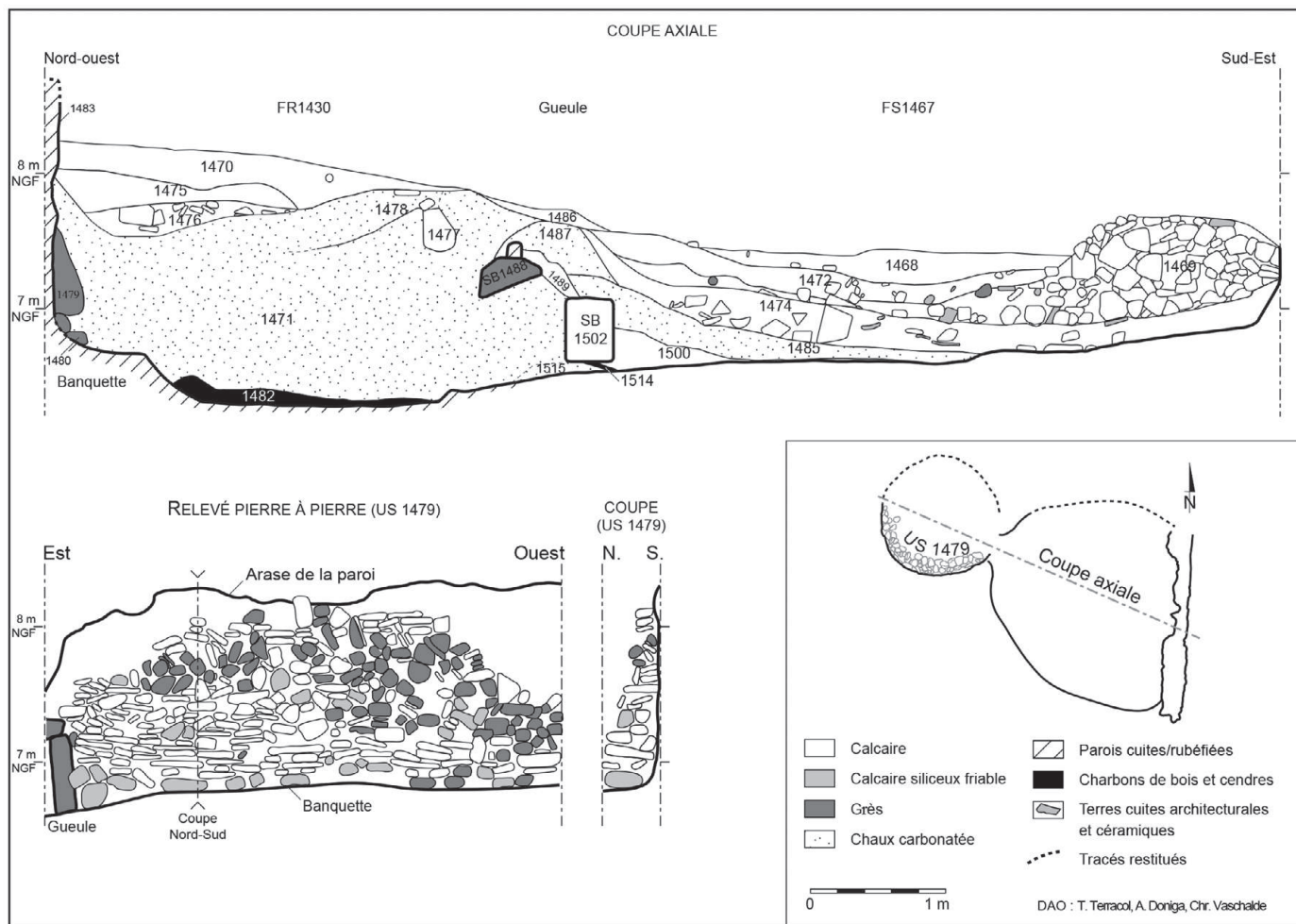


Fig. 5 Coupe axiale et relevé du reste de charge de pierres à chaux en place dans le four FR1430 (DAO T. Terracol, A. Doniga et C. Vaschalde).



Fig. 6 Détail des traces d'outil de creusement sur les parois (cl. C. Vaschalde).

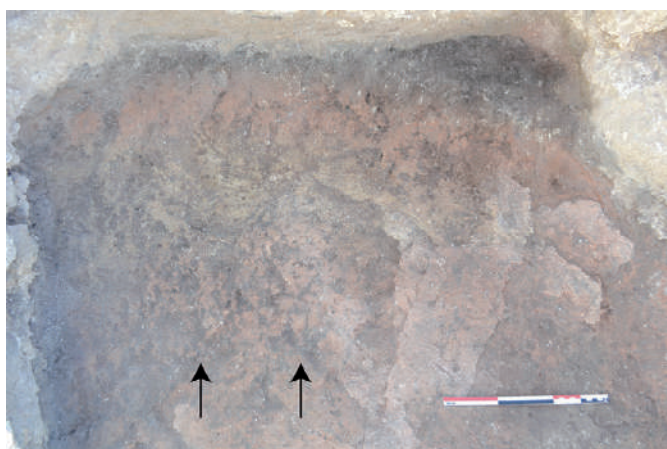


Fig. 7 Détail des traces d'outil sur le fond du four (cl. C. Vaschalde).

d'épaisseur, avec une zone très cuite du côté est, vers l'entrée. À l'arrière du four, elles sont riches en coquilles de moules, raison du recoupement de la fosse FS 1346. Dans le four, une banquette circulaire est aménagée, elle aussi creusée dans l'encaissant. Elle mesure environ 70 cm de largeur pour 35 cm de hauteur au maximum à l'arrière du four.

Du fait de la présence de la banquette, le fond du four forme comme une petite fosse à fond plat. Sa surface est rubéfiée à cuite sur quelques centimètres d'épaisseur, et présente des traces d'outils en forme de V (fig. 7).

Au sud du four, de possibles niveaux de circulation liés au fonctionnement de la structure ont été mis au jour (US 1337), se matérialisant notamment sous la forme d'un épandage de tuiles (*tegulae* et *imbrices*). Certaines présentent des traces de chauffe, associées à une fine pellicule de chaux carbonatée blanche (fig. 2). La couche est également composée d'un sédiment argilo-limoneux brun clair, hétérogène et compact, avec quelques blocs calcaires.

La gueule du four (SB 1488) est aménagée à l'est (fig. 8 et 9). Elle est composée de deux piédroits en grès qui supportent les deux éléments d'un linteau en bâtière, également en grès. L'ouverture ainsi formée mesure 1,10 m de haut pour environ



Fig. 8 Détail de la gueule comblée par de la chaux carbonatée, vue depuis l'intérieur du four (cl. C. Vaschalde).



Fig. 9 Vue du four et de sa gueule obstruée par un bloc réemployé, depuis l'est (cl. G. Duperron).

0,90 m de largeur. Sur le linteau, les vestiges d'une paroi cuite rouge, aménagée en argile, étaient encore présents (US 1483). Du côté de l'intérieur du four, la surface des pierres en grès est altérée et se délite sous la forme de sable, probablement à cause de la chaleur du four. Du côté extérieur, un gros bloc de grand appareil en calcaire (SB 1502) obstrue une grande partie de la gueule. Le fait qu'il repose sur des couches de fonctionnement du four (cf. *infra*) montre qu'il a été installé après la construction de cette structure.



Fig. 10 Traces d'un possible foyer domestique dans la fosse d'accès FS1467 (cl. C. Vaschalde).

La gueule est accessible par une fosse de travail FS 1467, creusée dans des niveaux antiques et dans le substrat (fig. 2, 4 et 5). À l'est, cette fosse recoupe un mur du Haut-Empire (MR 1112). De plan relativement ovale et installée dans l'axe du four, elle mesure 5,60 m de long sur 4,40 m de large, pour une profondeur conservée d'1,20 m au maximum. La surface au fond de la fosse marque une légère pente en direction du four. La différence de niveau observée entre le fond de cette fosse et le fond du four atteint environ 35 cm.

Enfin, dans la fosse d'accès, les traces ténues d'un possible emplacement de petit foyer à usage domestique ont été observées, immédiatement au sud de la gueule SB 1488 (fig. 10). La paroi de la fosse, creusée dans la marne naturelle, présente une fine pellicule indurée grisâtre, pouvant s'apparenter à un dépôt cendreux, ainsi que des tâches rubéfiées de couleur rouge orangé. Aucune structure aménagée ni dépôt charbonneux n'a été retrouvé au sol au pied de ces traces.

2.2. LA STRATIGRAPHIE (FIG. 5)

Dans le four, la banquette est recouverte d'un amoncellement de pierres (US 1479 et 1480) agencé verticalement et s'appuyant contre la paroi (fig. 11). Cet amoncellement a révélé une certaine organisation. Les premières assises, installées sur la banquette, sont constituées de gros blocs (jusqu'à 30 à 40 cm de long) de calcaire dur blanc, qui paraissent s'être effrités sous l'effet de la chaleur. Quelques blocs de grès ont également été reconnus. Ces premières pierres sont disposées de manière à laisser des espaces vides à intervalles réguliers. Elles supportent ensuite une grande quantité de moellons de calcaire, sur environ 1,60 m de hauteur. La plupart des moellons sont recouverts d'une gangue de chaux carbonatée blanche, et leur cœur est bleuté et friable, état qui résulte généralement d'une exposition prolongée à une forte chaleur. À quelques exceptions près, ces moellons mesurent tous entre 5 et 10 cm d'épaisseur et présentent une morphologie en «pierres plates». À ces moellons calcaires sont mêlés de nombreux blocs de grès, qui s'effritent parfois, et qui sont principalement appuyés contre la paroi du four. On trouve plus sporadiquement un bloc de calcaire bleuté et



Fig. 11 Vue, depuis l'ouest, du reste de charge en place constituée de pierres à chaux mal cuites (US1479 et 1480) (cl. C. Vaschalde).



Fig. 12 Détail des espaces laissés entre les pierres à chaux dans la charge (cl. C. Vaschalde).

un fragment d'*imbrex*. Dans l'ensemble de cet amoncellement, des espaces de vide ont été repérés à plusieurs reprises (fig. 12).

Au niveau de la banquette, les espaces vides entre les gros blocs calcaires ont parfois révélé la présence de cendres, en connexion avec les restes du foyer mis au jour au fond



Fig. 13 Détail de la couche de chaux restée dans le four (cl. G. Duperron).

du four (US 1482). Ces derniers sont composés d'une couche très charbonneuse (prélevée avec un carroyage) mesurant jusqu'à 20 cm d'épaisseur, elle-même recouverte d'une pellicule cendreuse grise.

L'US 1482 et l'amas de pierres appuyé contre la banquette et les parois du four sont tous deux recouverts par une épaisse couche de chaux carbonatée blanche très dure, mesurant jusqu'à 1,60 m d'épaisseur (US 1471 et 1478) (fig. 13). Dans cette couche, certains blocs de chaux très pure ont été mis au jour. À sa base, la couche s'est mélangée avec la cendre de l'US 1482, ce qui lui confère une couleur plus foncée, et parfois un aspect de marne avec de gros nodules blancs de chaux. Certaines parties de la couche de chaux sont mélangées à un sédiment brun (US 1478).

Au-dessus des US 1471 et 1478 se trouve un ensemble de couches témoignant de la phase d'abandon. Tout d'abord l'US 1477, composée d'un sédiment argilo-limoneux brun, peu compact et sans inclusions, paraît s'insérer dans un creusement opéré dans la couche de chaux US 1471. Vient ensuite l'US 1476, déposée dans la partie arrière du four. Elle est caractérisée par un sédiment argilo-limoneux gris, meuble et homogène avec de nombreux blocs de calcaire de 5 à 25 cm. Quelques fragments de paroi cuite sont également présents. La couche US 1475, constituée d'un sédiment argilo-limoneux de couleur brun foncé ou noir, meuble et homogène, recouvre ce niveau. Elle contient également de nombreux fragments de paroi, et quelques morceaux de coquilles de moules. Elle est scellée par l'US 1470 qui couvre la totalité du four. Cette dernière se compose d'un sédiment argilo-limoneux brun, hétérogène, meuble avec de nombreuses inclusions de blocs de calcaire chauffés, de nodules de chaux carbonatée, de fragments de parois de four et de tuiles.

Les couches identifiées dans le four sont en connexion avec les niveaux reconnus dans l'entrée SB 1488 et dans la fosse de travail FS 1467. Au niveau du seuil de la gueule, l'US 1515 (chaux carbonatée blanche sur 8 cm d'épaisseur) paraît s'être déposée avant l'US 1471, puis est recouverte par un lambeau de couche charbonneuse et cendreuse très meuble, pauvre en sédiment (US 1514). Dans le même temps, on trouve dans la partie nord-est de la fosse de travail un niveau de sédiment charbonneux très meuble (US 1503), homogène et noir, comportant peu de cendres et quelques nodules d'argile rubéfiée. Le fragment de bloc en grand appareil SB 1502 (69 × 45 × 58 cm) vient s'installer sur l'US 1514.

Une couche très épaisse (35 cm) de sédiment argilo-limoneux hétérogène meuble, rouge, noir ou brun, sans inclusion, vient s'appuyer contre le bloc SB 1502 et recouvre les US 1514 et 1503. L'ensemble est ensuite recouvert par des couches de chaux carbonatée blanche très dure (US 1485 et 1487) et de blocs de calcaire (US 1489), contenant également un sédiment argilo-limoneux brun, homogène et meuble. L'ensemble présente un pendage ouest-est vers l'extérieur du four et est recouvert par l'US 1471 reconnue dans le four. Ensuite, les couches de chaux carbonatée sont scellées par l'US 1474, caractérisée par un sédiment argilo-limoneux jaune, très compact et homogène. De nombreux blocs de calcaire froid de 10 à 45 cm sont présents, ainsi que quelques fragments de parois cuites et quelques lentilles de chaux carbonatée. Au-dessus, l'US 1469 correspond à un important amas de blocs de calcaire froid (entre 10 et 20 cm) et de fragments de tuiles liés par un sédiment argilo-limoneux brun jaunâtre, compact et homogène. Puis vient la couche US 1472, composée d'un sédiment argilo-limoneux brun et homogène, peu compact, présentant quelques inclusions de calcaire froid, des fragments de tuiles dont certaines comportent des traces de chauffe, et enfin de rares coquillages (moules et huîtres) et des nodules de chaux carbonatée. Ce niveau est recouvert par les US 1486 et US 1468. La première est caractérisée par un sédiment argilo-limoneux brun, homogène et peu compact avec quelques nodules de chaux, de rares coquillages et quelques fragments de parois. La seconde est composée d'un sédiment argilo-limoneux brun foncé, peu compact, homogène et peu gravillonneux. Elle comporte quelques fragments de tuiles et des nodules de chaux carbonatée.

2.3. DATATION

2.3.1. Des données typo-chronologiques fallacieuses ?

Le four et sa fosse ont livré près de 800 tessons de céramique, essentiellement mis au jour dans les couches postérieures à l'abandon de la structure. Leur signification chronologique est problématique. De manière générale, le matériel non associé aux couches de fonctionnement est tout de même pris en compte par les archéologues pour dater les fours à chaux. Il nous paraît donc important d'exposer les résultats de l'étude céramologique et de la confronter aux datations de laboratoire.

2.3.1.1. Création et fonctionnement du four

Aucun élément matériel ne permet de dater la création du four. On sait seulement que celle-ci intervient après le début du ^ve siècle, date du comblement du dépotoir FS 1346, que le creusement du four recoupe partiellement.

Quelques tessons ont été mis au jour dans les niveaux liés à la phase de fonctionnement de la structure. Il s'agit de deux panses en sigillée africaine D ainsi que d'une panse d'amphore orientale LRA 1, associés à la modification du bâti de la gueule du four (US 1500), et d'un fond de plat en sigillée africaine D, dans les couches contemporaines du dernier défournement (US 1485). Ces très rares tessons livrent tout au plus un *terminus post quem* au ^{iv}e siècle, et n'apportent donc aucune information supplémentaire.

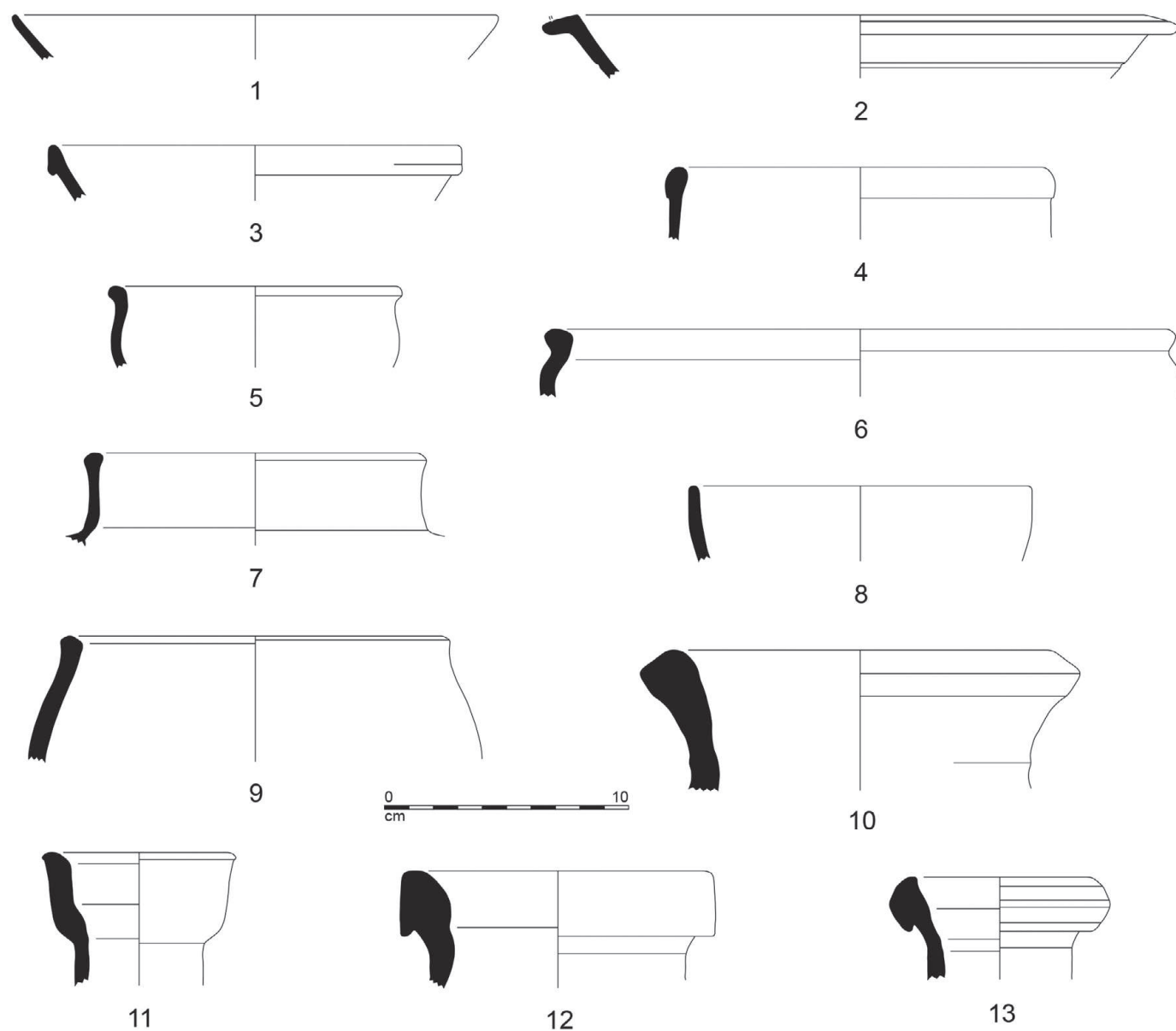


Fig. 14 Mobilier céramique du comblement de la fosse de travail FS1467 : n° 1 à 3 : sigillée africaine D ; n° 4 : sigillée luisante ; n° 5 à 7 : « Dérivée de Sigillée Paléochrétienne » ; n° 8 : modelée languedocienne ; n° 9 : modelée hispanique ; n° 10 : amphore de Bétique ; n° 11 : amphore de Lusitanie ; n° 12 et 13 : amphores africaines (DAO G. Duperron).

2.3.1.2. Abandon

L'abandon du four a livré un lot de céramiques assez conséquent (près de 800 fragments correspondant au minimum à 103 individus), recueilli dans le comblement de la fosse de travail (le comblement du four n'ayant livré aucun mobilier). Il convient toutefois de souligner que rien ne permet d'évaluer le temps qui s'est écoulé entre la dernière cuisson et le comblement de la fosse de travail²⁷.

27. Aucun argument archéologique ne permet de documenter la vitesse de comblement. L'ethnoarchéologie a montré des cas de figure très opposés : en Tunisie, les artisans d'Aïn Lansarin peuvent combler eux-mêmes les fours abandonnés, et ce peu de temps après la dernière cuisson (VASCHALDE 2013, vol. 3 ; ID. *et al.* 2015) ; en Martinique, les fours restent ouverts et intacts pendant plusieurs décennies (ID. *et al.* 2016).

Le caractère hétérogène de ce lot est flagrant. D'un point de vue chronologique, il se décompose en effet en trois ensembles dont l'importance quantitative est très inégale. Tout d'abord, une part assez minime du mobilier se rapporte au Haut-Empire (amphore gauloise G. 3, sigillées sud-gauloises Drag. 18, Drag. 29 et Drag. 33, céramiques communes à pâte claire et à pâte sableuse oxydante du Narbonnais, *dolium* à dégraissant de basalte) et même, de manière plus anecdotique, à l'époque tardo-républicaine (Campanienne A, Ibérique peinte et amphore italique Dr. 1).

La majeure partie du lot est constituée de céramiques appartenant de manière générale aux IV^e et V^e siècles. Les importations de sigillées africaines, principalement de la catégorie D, sont nombreuses et fournissent un répertoire essentiellement constitué de plats (types Hayes 50B tardif [fig. 14, n° 1], 58B [fig. 14, n° 2], 59 et 67B). Les sigillées luisantes, provenant de

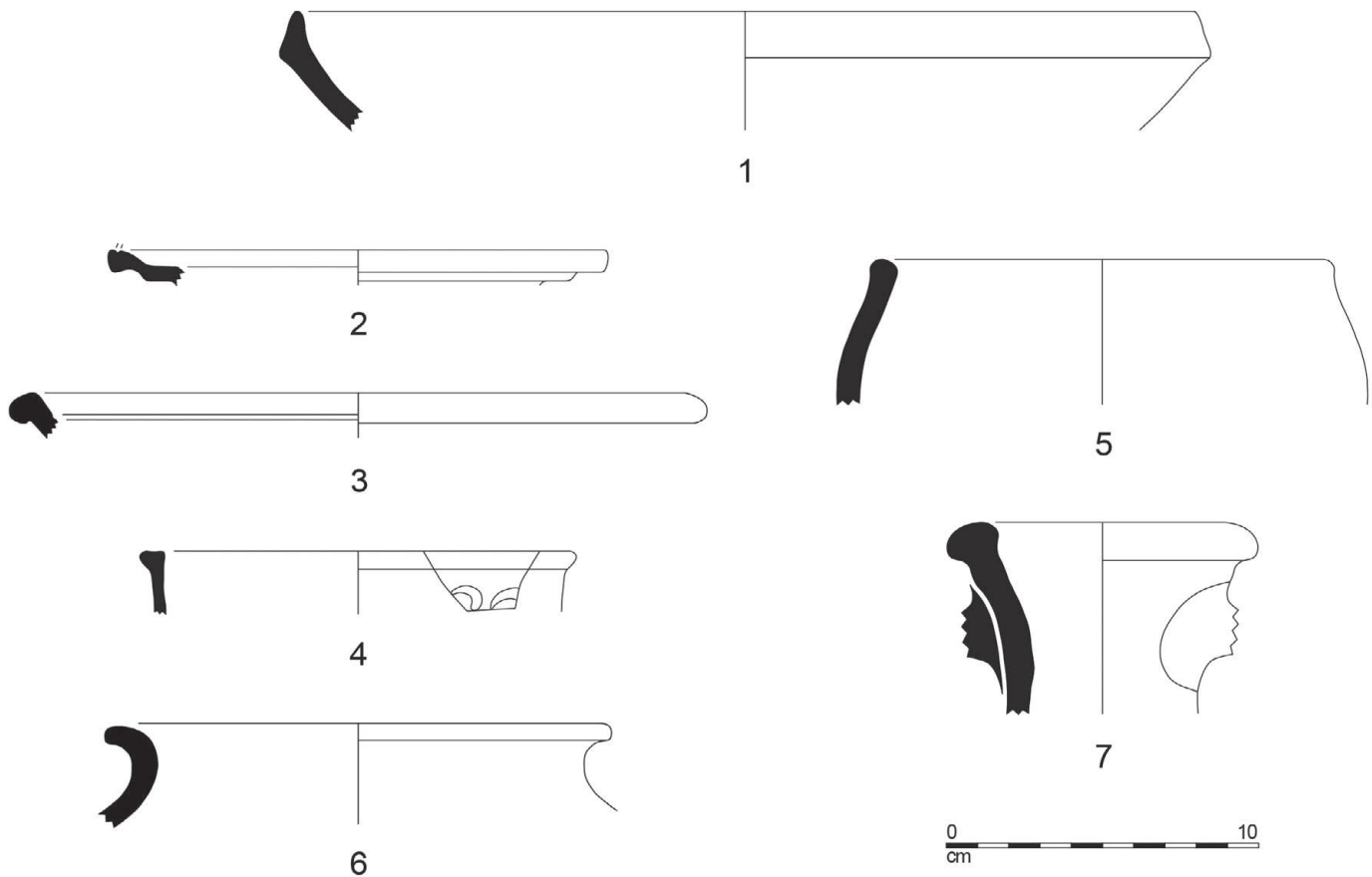


Fig. 15 Mobilier céramique du décapage du four à chaux et de ses abords : n° 1 à 3 : sigillée africaine D; n° 4 : sigillée luisante; n° 5 : modelée hispanique; n° 6 : sableuse réductrice médiévale; n° 7 : amphore italique (DAO G. Duperron).

Savoie²⁸, sont également bien représentées, principalement par des coupes carénées Lamb. 1/3 (fig. 14, n° 4). Parmi les productions régionales de vaisselle de table, dites « Dérivées de Sigillées Paléochrétiennes », les vases cuits en mode A sont très largement majoritaires. Le répertoire de cette catégorie comporte essentiellement des bols ou des coupes (principalement des types Rig. 6 [fig. 14, n° 5], Rig. 16 [fig. 14, n° 6] et Rig. 18 [fig. 14, n° 7]), les plats Rig. 1, les mortiers Rig. 29 et les cruches Rig. 62 n'étant représentés que de manière très ponctuelle. Parmi la vaisselle culinaire, on recense quelques productions régionales (céramique modelée languedocienne CNT-ROL C1 : fig. 14, n° 8), mais surtout des importations provenant d'Afrique (plats à cuire Hayes 23B tardif, marmites Hayes 197 tardif, couvercle Hayes 196) et d'Espagne (marmite modelée CATHMA 26 : fig. 14, n° 9). Enfin, le répertoire amphorique est dominé par les importations hispaniques : amphores à huile de Bétique Dr. 23 (fig. 14, n° 10) et amphores à salaisons de poissons lusitaniennes Alm. 51C (fig. 14, n° 11). On observe que les tessons constituant ce lot sont généralement usés et de petites dimensions, ce qui suggère leur caractère résiduel. On remarque également que son faciès est parfaitement identique à celui du mobilier mis au jour dans le dépotoir FS 1346, recoupé par la partie arrière du four à chaux. On peut donc supposer que les niveaux supérieurs de ce dépotoir ont été remaniés (naturellement ou intentionnellement) lors

du comblement de la fosse de travail, située en contrebas de celui-ci.

Enfin, quelques objets, généralement assez bien conservés, se rapportent incontestablement à une période plus tardive. Ainsi, une lèvre de plat correspond au type Fulf. 27 (fig. 14, n° 3), dont la production a été située à Carthage vers le deuxième quart du VI^e siècle²⁹. De la même façon, on recense parmi les amphores africaines un fragment de col strié caractéristique des types Keay 55, 56 et 57, diffusés entre la seconde moitié du V^e siècle et le milieu du VI^e siècle³⁰, un bord de type Keay 62A (fig. 14, n° 12), daté de la première moitié du VI^e siècle³¹, et une lèvre appartenant à un conteneur africain de petites dimensions de type « *spatheion* » (fig. 14, n° 13) correspondant à une variante caractéristique du VI^e siècle³².

2.3.1.3. Décapage

Le mobilier recueilli lors du décapage du four et de ses abords présente, de manière logique, un faciès similaire à celui du lot

29. FULFORD et PEACOCK 1984, p. 57. Elle est également bien représentée dans les décennies centrales du VI^e siècle en Provence, notamment sur l'*oppidum* de Constantine (DUPERRON 2013, p. 360).

30. BONIFAY 2004, p. 137.

31. *Ibid.*, p. 140.

32. Identification par M. Bonifay (CNRS, CCJ UMR 7299), que nous remercions vivement d'avoir accepté d'examiner ce mobilier.

précédent, avec une large prépondérance des céramiques des IV^e-V^e siècles³³, sans doute issues du dépotoir FS 1346, et de rares objets se rapportant au VI^e siècle, ici un plat Hayes 87C en sigillée africaine D (fig. 15, n° 3)³⁴. Mais il convient surtout de souligner la présence d'un élément beaucoup plus récent, une urne CATHMA 2a (fig. 15, n° 6) en céramique à pâte sableuse réductrice médiévale³⁵. Ce type de pots globulaires, caractérisés par des bords épais évasés et arrondis à leur extrémité, est omniprésent sur le site dans les niveaux des XI^e-XII^e siècles, notamment dans le dépotoir FS 2092³⁶.

2.3.1.4. Conclusion de la datation typo-chronologique

En ce qui concerne la création du four et son fonctionnement, on ne dispose que d'un *terminus post quem* au début du V^e siècle, sans aucun élément permettant d'évaluer le temps qui s'est écoulé entre la fin de l'utilisation du dépotoir et l'installation du four.

Pour la datation de son abandon en revanche, un lot de céramiques quantitativement conséquent est issu de la fosse de travail. En dépit de son caractère hétérogène, ce mobilier suggérait une datation tardo-antique pour le four, la majeure partie des objets se rattachant aux IV^e-V^e siècles. La présence très ponctuelle d'éléments caractéristiques du VI^e siècle pouvait suggérer un comblement de la fosse à cette époque, après la fin du fonctionnement du four qui aurait donc concerné essentiellement le V^e siècle. La présence d'un unique fragment de céramique attribuable à la période médiévale, recueilli en surface lors du décapage des abords du four, pouvait indiquer une fréquentation de ce secteur durant le Moyen Âge central. Cependant, rien ne laissait présager une datation médiévale pour l'installation artisanale elle-même. C'est pourtant ce qu'ont montré les datations de laboratoire.

2.3.2. Radiocarbone et archéomagnétisme

La fouille n'ayant révélé aucun artefact contemporain des niveaux de fonctionnement, il est impossible de dater le four par la typochronologie. Le recours aux méthodes de laboratoire s'impose donc.

Deux datations radiocarbone ont été réalisées³⁷, l'une sur les charbons de bois du foyer (US 1482) de la dernière cuisson, l'autre sur ceux issus d'un niveau (US 1514) piégé sous le bloc SB 1502, et provenant donc d'une cuisson antérieure. Préalablement, les charbons de bois ont été sélectionnés par l'analyse anthracologique, pour choisir des brindilles dans le but de se prémunir au maximum de l'effet de vieux bois. L'US 1514, la plus ancienne, a fourni un âge ¹⁴C de 940 ± 30 BP (Poz-86466) qui, une fois calibré, donne l'intervalle

33. Sigillée africaine D Hayes 53, 59, 61A (fig. 15, n° 1) et 67/71 (fig. 15, n° 2); sigillée luisante Lamb. 1/3, Drag. 45, Pernon 36 (fig. 15, n° 4); DSP Rig. 6; modelée hispanique CATHMA 26 (fig. 15, n° 5); amphore italique type «Empoli» (fig. 15, n° 7); amphore de Bétique Dr. 23.

34. Cette forme est attestée à Marseille durant les deux premiers tiers du VI^e siècle (BONIFAY *et al.* 1998, Tabl. CIII).

35. CATHMA 1993.

36. DUPERRON *et al.* à paraître.

37. Analyses effectuées par T. Goslar (Poznan Radiocarbon Laboratory).

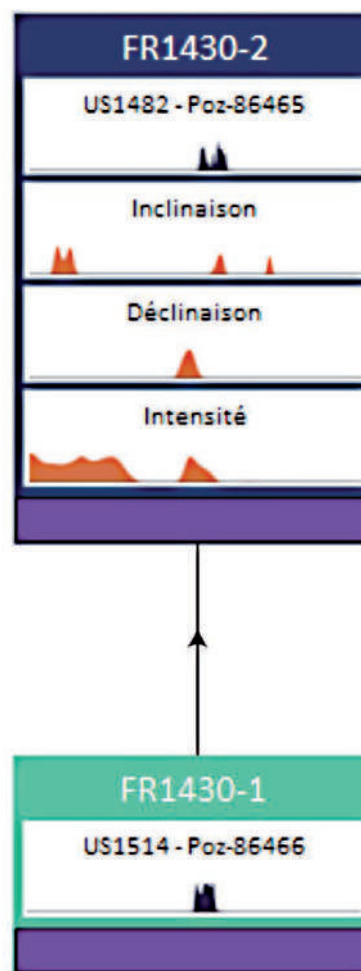


Fig. 16 Modèle de «Fait» réalisé sous ChronoModel 2.0.

[1025; 1160] cal. AD à 95,4 % (IntCal 13). L'US 1482 fournit un âge ¹⁴C de 890 ± 30 BP (Poz-86465) qui, une fois calibré, donne l'intervalle [1040; 1110]; [1115; 1220] cal. AD à 95,4% (IntCal13).

Une datation archéomagnétique a été effectuée à partir de blocs prélevés sur la paroi cuite du four, selon la méthode dite «des chapeaux de plâtre» établie par E. Thellier³⁸. Après avoir été taillés dans la masse et laissés en place, les blocs sont emballés et recouverts de plâtre. Un «chapeau» est confectionné au sommet, à la surface aplanie horizontalement par pression d'une plaque de Plexiglas sur le plâtre frais. Sur cette surface, plusieurs informations sont inscrites : l'identification du site, de la structure et du prélèvement, ainsi que la direction du nord magnétique actuel (prise à la boussole) et celle du soleil (avec une équerre fendue). L'heure (temps international) est notée pour chaque direction du soleil marquée. Grâce à ces prélèvements, des mesures de l'orientation (inclinaison et déclinaison) et de l'intensité du magnétisme au moment de la dernière

38. THELLIER 1981.

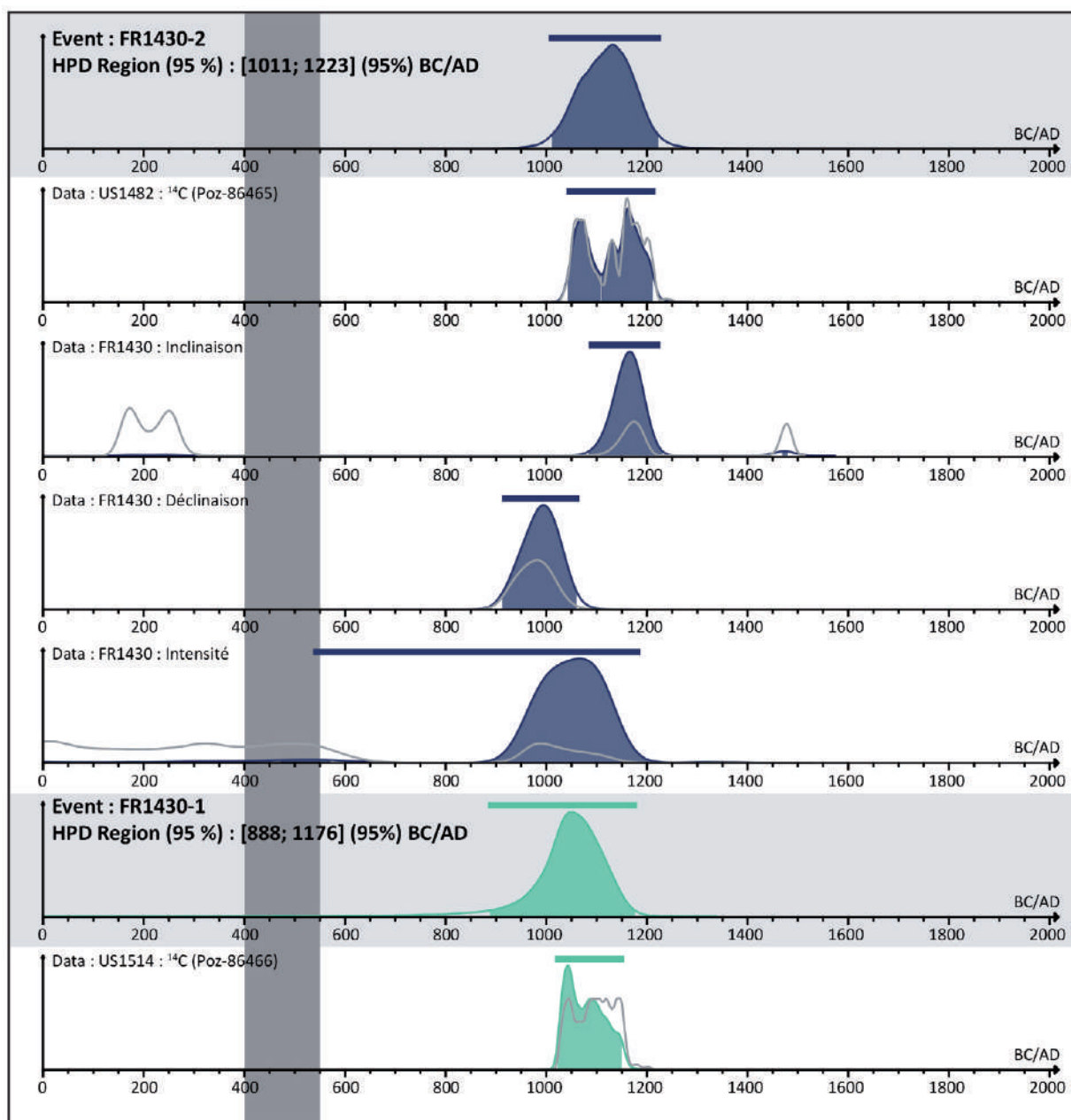


Fig. 17 *Modèle chronologique a posteriori obtenu sous ChronoModel 2.0. (l'a priori chronologique est représenté en gris foncé; les traits en grisés sont les densités de date a priori, et les densités en couleur représentent les distributions a posteriori)* (DAO C. Vaschalde).

cuisson ont été établies³⁹. Le résultat de ces mesures⁴⁰ montre une nette discordance entre l'inclinaison et la déclinaison. Toutefois, les mesures directionnelles ne sont pas en contradiction avec la mesure de l'intensité.

39. Mesures effectuées par P. Camps (DR CNRS) et J. Songeons (Master Dynamique Terrestre et Risques Naturels, Université de Montpellier) au laboratoire Géosciences Montpellier UMR 5243 (Dossier n° MTP-2016-06).

40. Direction centrée sur Paris : inclinaison : 60,2°; déclinaison : 21,5°; α_{95} : 1,0°. Intensité centrée sur Paris : 65,5 +/- 2,9 μ T.

2.3.3. Modélisation chronologique bayésienne

Le développement récent des méthodes de modélisation bayésienne des informations chronologiques a montré tout l'intérêt de combiner les résultats des différentes analyses de laboratoire⁴¹. Le traitement est effectué avec le logiciel ChronoModel 2.0 qui tient compte particulièrement des contraintes stratigraphiques. En mobilisant les notions de contemporanéité, de succession (basée sur la stratigraphie ou sur des critères d'évolution), de « Fait » (ou *event* en Anglais), et de phase, il permet de construire des modèles chronologiques bayésiens⁴².

41. VASCHALDE *et al.* 2014.

42. LANOS et DUFRESNE 2012; LANOS et PHILIPPE 2017.

La première étape consiste à construire un modèle stratigraphique. Les données chronologiques *a priori*, issues des analyses radiocarboniques et archéomagnétiques, sont « encapsulées » dans des Faits, eux-mêmes contraints par des liens stratigraphiques. Aucune borne (*terminus post quem* ou *terminus ante quem*) n'a été appliquée car aucun artefact datant n'a été découvert en lien avec le fonctionnement du four. Deux Faits composent le modèle (fig. 16). Le premier est le Fait « FR 1430-1 », contenant l'US 1514 datée par ¹⁴C. Il est antérieur au Fait « FR 1430-2 », auquel appartient l'US 1482 (datée par ¹⁴C) et les parois du four (datées par l'archéomagnétisme). Pour ce dernier Fait, le radiocarbone date la mort du bois brûlé dans le dernier foyer et l'archéomagnétisme date la dernière chauffe; une hypothèse de contemporanéité est donc émise entre ces deux événements, ce qui permet d'encapsuler les résultats des deux méthodes de datation dans le même Fait.

Pour obtenir le modèle chronologique, il faut opérer une estimation des densités de date *a posteriori* des Faits. Il est nécessaire de recourir au calcul numérique en utilisant des méthodes dites « MCMC » (Monte Carlo par Chaînes de Markov)⁴³. Dans le cas du four de Gruissan, nous avons réalisé trois chaînes avec un million d'itérations MCMC chacune.

Le modèle obtenu est présenté dans la figure 17, qui donne les distributions de date pour chacun des Faits. Sous chaque Fait, le détail des distributions de date est donné pour chacune des méthodes de datation mobilisée. Les distributions de date archéomagnétique sont obtenues à partir des courbes de variation séculaire de l'inclinaison, de la déclinaison et de l'intensité du champ magnétique terrestre établies pour la France durant les trois derniers millénaires⁴⁴. Les distributions de date radiocarbonique sont obtenues à partir de la courbe de calibration du radiocarbone IntCal13⁴⁵.

Pour le Fait « FR 1430-1 », la datation ¹⁴C est contrainte par le modèle stratigraphique. L'intervalle de date est : [888; 1176] AD à 95 %. On observe un « effet d'étalement » de l'intervalle vers la fin du IX^e siècle, alors que la calibration du radiocarbone exclut cette possibilité. Cet effet s'explique par l'absence de borne *terminus post quem*. Pour le Fait « FR 1430-2 », le modèle privilégie l'inclinaison au détriment de la déclinaison, influencé par le radiocarbone et la contrainte stratigraphique. L'intervalle de date est : [1011; 1223] AD à 95 %. Aucun effet d'étalement n'est constaté, ce qui est une conséquence de la multiplication des méthodes de datation pour cet état du four.

La datation des fours à chaux est une affaire complexe. Le matériel archéologique retrouvé dans le comblement post-abandon est le plus souvent dénué d'information chronologique⁴⁶. Ce constat est d'autant plus vrai pour le four de Saint-Martin-le-Bas que le site connaît une occupation importante depuis le Haut-Empire jusqu'à l'Antiquité tardive. Les sédiments ayant comblé le four après son ultime arrêt sont donc chargés en matériel plus ancien. Seules les méthodes de laboratoire permettent de dater le fonctionnement du four. Si l'on s'en tient strictement aux intervalles *a posteriori* obtenus sous ChronoModel, la datation de la cuisson la plus ancienne (US 1514) est comprise entre la fin du IX^e et la fin du XII^e siècle,

ANTIQUITÉ - HAUT MOYEN ÂGE			
Provinces romaines	Sites/Structure	Datation	Référence
Gaule	Martigues, FR1 et 2	ca. 550-650	DEVILLERS 1999 ; CHAUSSERIE-LAPREE 2000
Gaule	Nespouls, St. 5	IV ^e s.-première moitié du V ^e s.	DESOMBES-HANRY 2007
Bétique	Priégo de Cordoba	I ^{er} -III ^e s.	CARMONA AVILA, LUNA OSUNA 2007
MOYEN ÂGE			
Région/pays	Sites/Structure	Datation	Référence
Narbonnais, Languedoc	Montredon-dès-Corbières, ZAC de Montredon-Pôle santé	XI ^e -XII ^e s.	CANUT, DA COSTA 2015
Languedoc	Combas, Bois des Lens	XI ^e -XIII ^e s.	BESSAC 1986
Provence	La-Croix-Valmer, villa de Pardigon	XIV ^e s.	BRUN, BORREANI 1999, p.364.
Provence	Orgon, La Fanfarline	Fin XV ^e -début XVI ^e s.	BROCHIER, LIVACHE 2003
Espagne, Catalogne	Sant Pau de Riu	XIII ^e s.	ÁLVAREZ 2007
Val d'Aoste, Italie	Villeneuve, Châtel-Argent	Seconde moitié du XIII ^e s.	SARTORIO et al 2010

Tab. 1 Inventaire des fours à gueule basse antiques et médiévaux mis au jour par l'archéologie dans les régions bordant l'arc nord-occidental de la Méditerranée.

et la datation de la dernière cuisson se situe entre le premier quart du XI^e et le premier quart du XIII^e siècle. L'étalement des intervalles dû à l'absence de bornes *terminus post quem* et *terminus ante quem* paraît artificiel. Malgré cela, la modélisation permet de dégager quelques certitudes chronologiques : la cuisson la plus ancienne intervient forcément avant le dernier quart du XII^e siècle, qui constitue donc un *terminus ante quem* à l'établissement du four à chaux. L'activité s'arrête définitivement au plus tard dans le courant du premier quart du XIII^e siècle.

2.4. INTERPRÉTATION TECHNIQUE : UN FOUR À GUEULE BASSE

Compte tenu du peu de différence de niveau constatée entre le fond du four et celui de la fosse de travail, le four de Saint-Martin-le-Bas est à classer parmi les fours à gueule basse, variante des fours à chaux à foyer étendu⁴⁷. Ces fours se caractérisent par une entrée installée dans la partie basse de la structure, sans dénivelé significatif constaté entre le niveau de circulation des ouvriers hors du four, et la surface occupée par le foyer dans le four. Les ouvriers travaillent donc debout, et tiennent leurs outils d'enfournement à l'horizontale.

Entre l'an Mil et le bas Moyen Âge, des fours fonctionnant avec une gueule basse sont répertoriés à la fois dans le Narbonnais, notamment dans les Corbières, et dans les régions de l'arc nord-occidental de la Méditerranée, depuis la Catalogne jusqu'en Italie (tab. 1). Le procédé est donc commun dans le Languedoc au cours du Moyen Âge central. Une extension de l'inventaire à l'Antiquité dans la même aire géographique suggère que la gueule basse fait partie du paysage des savoir-faire de la chaufournerie depuis déjà plusieurs siècles lorsqu'elle est mise en œuvre à Saint-Martin-le-Bas aux XI^e-XII^e siècles. Enfin, notons que, pour le Moyen Âge, la gueule basse n'est pas le seul procédé utilisé dans le secteur, puisqu'un four

43. GILKS *et al.* 1996.

44. GALLET *et al.* 2002.

45. REIMER *et al.* 2013.

46. VASCHALDE 2013, p. 118-122.

47. VASCHALDE 2013, vol. 1, p. 158-191.

à gueule haute a également été fouillé sur le site castral de Saint-Hippolyte à Narbonne⁴⁸.

3. CARACTÉRISATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE ET DE LA PRODUCTION

La fouille du four FR 1430 a été l'occasion d'appliquer des méthodes de prélèvements sur différents matériaux (chaux, paroi du four, charbons de bois) en vue de réaliser des analyses archéométriques (anthracologie, diffraction des rayons X). Cette démarche a pour but d'identifier les matières premières mobilisées par les artisans, mais aussi de mieux comprendre leur mise en œuvre et leur transformation. Outre les aspects techniques, ces analyses permettent de proposer une approche de l'exploitation des espaces aux alentours du site.

3.1. ORIGINE DES MATÉRIAUX GÉOLOGIQUES

Dans le four FR 1430, plusieurs types de matériaux géologiques ont été observés, utilisés dans la structure même du four (grès notamment) ou comme matière première (calcaire). Les blocs de grès, qui ont servi à la construction de la gueule du foyer ou comme matériau réfractaire dans la charge de pierres à chaux, ont manifestement été récupérés dans les maçonneries du Haut Empire. En effet, ces dernières ne sont pas construites uniquement avec des moellons calcaires, et contiennent fréquemment des blocs de grès. Bien que leur origine ne soit pas déterminée précisément, ils ont pu être extraits dans les bancs gréseux du nord du massif de la Clape (Albien inférieur), ou encore dans les Corbières au sud-ouest de Narbonne (Turonien supérieur à Santonien). Tout comme les grès, les moellons calcaires ont fait l'objet d'une récupération dans les murs antiques, comme en témoigne leur calibre régulier. L'origine précise de ces moellons n'est pas connue, aucune carrière antique n'ayant été découverte dans le secteur. Il s'agit de calcaire à grain fin gris clair⁴⁹, qui provient très probablement des bancs de calcaire de faciès urgonien qui composent l'île Saint-Martin et le massif de la Clape. Dans le cas du grès comme dans celui du calcaire, l'activité de récupération opérée par les chauxourniers ne laisse aucun doute sur l'origine locale des matériaux géologiques employés dans le four.

3.2. LA DIFFRACTION DES RAYONS X : IDENTIFICATION DE LA PRODUCTION ET TEMPÉRATURE DE CUISSON

3.2.1. Méthode et prélèvement

La fouille du four à chaux FR 1430 a mis au jour le résidu de la production de la dernière fournée (US 1471), composé d'une épaisse couche de chaux carbonatée blanche, compacte,

contenant peu d'impuretés visibles à l'œil nu. Le four a également livré les restes non calcinés d'une partie de la charge de pierres, composée de moellons rectangulaires provenant du démontage des murs de l'établissement du Haut-Empire. Afin de déterminer la nature exacte de la chaux produite, une analyse par diffraction des rayons X a été réalisée. Des prélèvements ont également été effectués sur les parois cuites du four, lesquelles sont directement creusées dans les couches antiques et dans le substrat marneux. Ils ont pour objectif de déterminer les niveaux de température atteints, suivant une méthode éprouvée sur des fours de potiers antiques⁵⁰.

La couche de chaux US 1471 a fait l'objet d'un prélèvement en quatre échantillons, sous la forme de blocs solides d'une dizaine de centimètres de largeur chacun. La multiplication des échantillons dans une couche de chaux retrouvée dans un chauxfour permet de s'assurer de son homogénéité⁵¹. L'échantillon P4 contenant des fragments de coquilles de moules, l'analyse DRX a porté sur la chaux sans les coquilles d'une part, et les coquilles d'autre part. Cette distinction a pour objectif de caractériser les éventuelles pollutions, afin de les isoler pour ne pas compromettre les résultats. Pour ce qui concerne la détermination des niveaux de température à partir des parois, quatre échantillons ont été effectués sur différentes parties du four : banquette, fond, paroi du côté ouest et paroi du côté sud. En laboratoire, l'échantillon de la paroi sud et celui de la banquette ont été sous-échantillonnés (trois échantillons prélevés dans l'épaisseur de la paroi; deux pour la banquette afin de séparer deux matériaux visuellement différents).

La diffractométrie, ou diffraction des rayons X, est utilisée couramment pour distinguer les phases cristallisées, les associations minérales ou les minéraux d'altération⁵². Les échantillons ont été traités avec la méthode dite « des poudres ». Le matériau est réduit en une fine poudre, sur laquelle tombe le faisceau de rayons X monochromatique. Les interférences constructives entre le faisceau de rayon X et le cristal du matériau analysé provoquent un effet de diffraction propre à chaque structure cristalline. Sur le diffractogramme, ce phénomène se traduit alors en pics, correspondant à des angles précis. La combinaison de ces angles de diffraction est caractéristique des distances interréticulaires du cristal analysé et permet donc d'identifier le minéral par inter-comparaison avec des données de référence⁵³. Dans le cadre de l'étude des chaux, la DRX rend possible la distinction de certaines phases minérales procédant des altérations du matériau (weddelite par exemple, $\text{Ca}[\text{C}_2\text{O}_4]_2\text{H}_2\text{O}$), de sa carbonatation incomplète (portlandite, $\text{Ca}[\text{OH}]_2$), ou signant la nature de la chaux elle-même (chaux magnésienne par exemple)⁵⁴.

50. ERAMO et MAGGETTI 2013.

51. VASCHALDE *et al.* 2016.

52. SCHULTZ 1964; BISCAYE 1965; MOROPOULOU *et al.* 1995 et 2000; PALAZZO-BERTHOLON 2000, p. 205.

53. FERDIÈRE 1999, p. 49; COUTELAS 2009, p. 145.

54. Ici, le traitement des échantillons a été opéré par P. Bromblet sur un diffractomètre D8 Focus de Bruker (détecteur linéaire LynxEye, anode Co, 35kV × 40 mA).

3.2.2. Identification de la production du four (tab. 2)

Les quatre échantillons de chaux analysés révèlent des résultats globalement très homogènes, la calcite (CaCO_3) dominant largement le spectre, et le quartz n'étant présent qu'à l'état de traces (<10 % en masse pour cette technique d'analyse). Les échantillons P1 et P2 contiennent également de la tridymite (SiO_2), qui est un des polymorphes de la silice. L'échantillon P3 a révélé la présence de bloedite (ou blödite), un sulfate de magnésium et sodium hydraté ($\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Les coquilles de l'échantillon P4 sont également constituées majoritairement de calcite, avec quelques traces de mica, ainsi que d'aragonite (polymorphe de la calcite), constituant habituel de la couche interne en nacre des coquilles des mollusques bivalves.

La présence de la bloedite, de la halite et du gypse paraît relever d'une pollution. Ces minéraux peuvent être associés à des contextes salés (sols salés, évaporation de l'eau)⁵⁵. Les embruns de la mer et de la lagune, très proches, sont probablement à l'origine de leur présence. Étant attestés en toute petite quantité, aucun geste volontaire de la part des artisans ne semble devoir expliquer leur apparition.

Dans tous les échantillons analysés, la calcite est très largement majoritaire, les autres minéraux n'étant attestés qu'à l'état de traces. Cela suggère que la matière première employée est un calcaire contenant très peu d'impureté. De manière générale, on considère que les calcaires contenant moins de 1 % d'impuretés produisent de la chaux aérienne calcique grasse⁵⁶. Les usages de ce type de chaux sont nombreux⁵⁷. Elle est utilisée dans le bâtiment pour la confection des mortiers de gros œuvres, des enduits et des badigeons. La chaux grasse intervient dans les chaînes opératoires d'autres activités économiques, comme la fabrication des cuirs, du savon, du sucre et du verre⁵⁸.

3.2.3. Déterminer la température de cuisson (tab. 2)

Des indications sur la température atteinte dans le four ont été obtenues à la fois sur la chaux et sur les parois du four.

Pour ce qui concerne les échantillons réalisés sur les parties bâties du four FR 1430, on note :

- Banquette : la partie blanche de l'échantillon est riche en calcite, avec d'autres phases présentes (quartz ; gypse : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; halite : NaCl ; vatérite, polymorphe de la calcite ; traces d'aragonite). La partie grise est moins riche en calcite, contient plus de quartz, des traces de mica et de l'halite.
- Le fond contient de la calcite, des quartz, des traces de mica et de kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5[\text{OH}]_4$).
- La paroi ouest contient de la calcite, des quartz, des feldspaths dont de la sanidine (KAlSi_3O_8), et de la gehlénite ($\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_7]$).

55. MEES *et al.* 2011 ; TANKERSLEY *et al.* 2016.

56. FRIZOT 1975, p. 23 ; COUTELAS 2003, p. 72 et 2009, p. 16.

57. VASCHALDE 2013, p. 441.

58. ID. *et al.* 2016, p. 131.

Echantillon	Calcite	Quartz	Gypse	Mica	Autres phases	Observations
US1471 P1	XXXX	traces			Tridymite : traces	
US1471 P2	XXXX	traces			Tridymite : traces	
US1471 P3	XXXX	traces			Bloedite : traces	Pollution par des sulfates
US1471 P4 (Chaux hors coquille)	XXXX	X				
US1471 P4 (Coquille de moule)	XXXX	traces		type illite=argile 10 Å	Aragonite : X	
Banquette 1 (matériau blanc)	XXXX	X	X		Halite : X Vatérite : X Aragonite : traces	
Banquette 2 (matériau gris)	XXX	XX			Traces Halite : X	
Fond	XXX	XX			Traces Kaolinite : traces	
Paroi sud (0-1 cm)	XX	XXX			Traces Feldspath (sanidine) : X Gehlénite : X	
Paroi sud (2-4 cm)	XX	XXX		X	Feldspath (sanidine) : X Gehlénite : X	
Paroi sud (6,5-7 cm)	XX	XXX			Traces Feldspath : X Gehlénite : traces	
Paroi ouest	XXX	XX			Feldspath (dont sanidine) : X Gehlénite : X	

Tab. 2 Résultats de l'analyse par diffraction des rayons X des échantillons de chaux et de paroi issus du four FR1430.

– Enfin, pour la paroi sud, les trois sous-échantillons prélevés dans l'épaisseur sont composés :

- 0 à 1 cm (surface de la paroi côté four) : le quartz est très présent, ainsi que la calcite. On note la présence de feldspaths dont de la sanidine, et de la gehlénite, ainsi que des traces de mica ;
- 2 à 4 cm : le quartz est très présent, ainsi que la calcite. On note la présence de mica, de feldspaths dont de la sanidine, et de la gehlénite ;
- 6,5-7 cm : le quartz est très présent, ainsi que la calcite. On note la présence de feldspaths et des traces de gehlénite et de mica.

De manière générale, les feldspaths identifiés sont potassiques et sodiques (sanidine), mais il semble aussi y avoir des feldspaths sodiques ou calco-sodiques (albite : $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$; $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) dans certains échantillons (paroi ouest et paroi sud entre 6,5 et 7 cm).

Ainsi, dans les échantillons prélevés sur les parois, la banquette et le fond du four, certaines phases minérales identifiées répondent à la problématique formulée : déterminer les niveaux de température du four. De ce point de vue, les échantillons positifs sont ceux issus de la paroi sud du four, sur les quatre premiers centimètres d'épaisseur, et la paroi ouest. La banquette et le fond du four n'ont rien livré de tel. On note particulièrement la présence de deux minéraux indicateurs de niveaux de température. Le sanidine, de la famille des feldspaths, se forme autour de 700 °C. Quant à la gehlénite, qui est un silicate de calcium couramment observé dans les poudres de ciments et les chaux hydrauliques modernes, elle se forme par décomposition des argiles et combinaison avec le calcium du carbonate lors de la cuisson d'un calcaire argileux contenant 10 à 20 % d'argile à des températures entre 800 et 1500 °C. La gehlénite est également signalée dans certains

mortiers antiques résultant de l'usage d'une chaux hydraulique naturelle cuite à une température inférieure à 1200 °C⁵⁹.

Dans la chaux de l'US 1471, de la tridymite a été identifiée. Ce minéral siliceux est présent à l'état naturel dans les roches volcaniques. Dans d'autres contextes, il apparaît par transformation du quartz chauffé à partir de 900 °C environ⁶⁰, mais cette transformation n'est possible qu'en présence d'un minéralisateur, rôle que peut jouer la chaux. Dans le four de Gruissan, la tridymite a pu apparaître par transformation du quartz, naturellement présent dans la matière première, et soumis à la température de cuisson. Ainsi, elle peut indiquer un seuil de température atteinte dans le four, autour de 900 °C, ce qui correspond bien au seuil minimal de température nécessaire à la cuisson de la chaux grasse⁶¹.

Les résultats obtenus sur la paroi et sur la chaux divergent quelque peu, sans toutefois se contredire. Ainsi, alors que la diffraction des rayons X appliquée aux parties bâties du four permet de déterminer un seuil de température autour de 800 °C, l'analyse de la chaux fait remonter ce seuil à 900 °C, température plus communément admise pour la calcination du calcaire. Cette différence peut s'expliquer aisément. La chaux de l'US 1471 est issue de la charge, qui se trouvait immédiatement au-dessus du foyer. De ce fait, elle est soumise à une température plus élevée (900 °C) que les parois latérales.

3.3. COMBUSTIBLE ET ESPACE EXPLOITÉ

3.3.1. Méthode et démarche

Les différentes cuissons de chaux ont laissé d'importants résidus charbonneux dans le foyer du four (US 1482, fig. 18), et plus sporadiquement sous le bloc SB 1502 (US 1514). Ce bloc ayant été ajouté avant la dernière fournée du four, il a protégé les résidus d'une cuisson précédente. Ainsi, deux cuissons successives, sans que l'on sache si celle de l'US 1514 précède immédiatement celle de l'US 1482, sont documentées par l'analyse anthracologique. Pour la réaliser, des charbons de bois ont été prélevés dans ces deux US, en suivant les méthodes de prélèvements éprouvées⁶². Au total, ce sont 36,5 l. de sédiments qui ont été prélevés dans le four à chaux. Les échantillons de l'US 1514 ont été tamisés sous eau sur une colonne de tamis de 4,2 et 0,5 mm, et ceux issus de l'US 1482 ont fait l'objet d'un traitement par flottation au moyen d'une machine (mailles : 0,5 mm pour le matériel flotté, et 1 mm pour la fraction lourde). Après séchage à l'ombre, les charbons de bois ont été étudiés en laboratoire. L'analyse porte à la fois sur la détermination taxinomique et sur la caractérisation de la morphologie originelle des bois (nœuds, écorce, calibres, nombres et épaisseur des cernes), des déformations/altérations qu'ils ont subies avant ou pendant la carbonisation (vitrification, fentes de retrait, traces d'insectes xylophages et/ou saprophages). Les charbons de bois ont été identifiés sur un microscope à réflexion avec fond noir/fond blanc et



Fig. 18 Détail de la couche de charbons de bois et cendres en place dans le four FR1430 (cl. G. Duperron).

grossissement $\times 100$, $\times 200$, $\times 500$ et $\times 1000$, grâce à l'anthracothèque de l'ISEM (UMR 5554, Montpellier) et aux atlas d'anatomie du bois⁶³.

En premier lieu, l'anthracologie permet de répondre aux questionnements liés à l'identification des essences, à la reconstitution des boisements exploités et de l'environnement qui existait autour du site lors du fonctionnement du four. L'anthracologie répond également à des problématiques techniques et économiques, en donnant les éléments nécessaires à la restitution des pratiques et des gestes des artisans, et à la compréhension de la mise en valeur du territoire par les acteurs de l'économie. Si l'artisanat potier médiéval a bénéficié de quelques éclairages dans le Midi méditerranéen⁶⁴, les pratiques d'approvisionnement en combustible des chaudronniers du Moyen Âge⁶⁵ sont encore très mal connues, particulièrement en Languedoc. Le four FR 1430 de Gruissan offre donc l'occasion de combler cette lacune. Les résultats de l'étude anthracologique des charbons de bois du four à chaux sont comparés à ceux obtenus dans le dépotoir domestique FS 2092⁶⁶, également daté du Moyen Âge central. Cette comparaison entre des contextes domestiques et artisanaux permet de mettre en relief la pratique des chaudronniers. Par ailleurs, la confrontation des résultats anthracologiques avec les données archéologiques documentant l'évolution de la structure du four permet d'approfondir notre connaissance des gestes des chaudronniers pendant les cuissons.

Préalablement à la description et à l'interprétation des résultats, un rappel des étapes du feu des fours à chaux est nécessaire⁶⁷. Dans un four à longue flamme, ou feu « flambant », à calcination périodique et à gueule basse, les chaudronniers bourrent généralement tout le volume du foyer sous la voûte avec du combustible au moment du chargement. Lors de la mise à feu, cette bourre s'enflamme progressivement, ce qui permet notamment de chasser l'humidité du four et de la charge. L'enfournement du combustible commence alors, le rythme avec lequel le bois est jeté dans le four augmentant

59. IOANNOU *et al.* 2007.

60. NAVRÁTILOVÁ et ROVNANÍKOVÁ 2016.

61. VASCHALDE *et al.* 2016, p. 130.

62. CHABAL 1997; ID. *et al.* 1999; VASCHALDE *et al.* 2013.

63. JACQUIOT 1955; ID. *et al.* 1973; SCHWEINGRUBER 1990; VERNET *et al.* 2001.

64. DURAND 1998; PY 2001; BREICHNER *et al.* 2002.

65. Quelques sites sont documentés en Provence : voir VASCHALDE 2018.

66. DUPERRON *et al.* à paraître.

67. VASCHALDE *et al.* 2013 et 2015; ID. 2018, p. 280.

	Structure	FR 1430		TOTAL	
		1514	1482		
	Unité stratigraphique	0,5	36		
	Volume (litres)				
	Nature	Rejet de foyer [1025; 1160] cal. AD	Foyer [1040; 1220] cal. AD		
	Chronologie				
Identifications taxinomiques	Chênaie sclérophylle				
	Anacardiaceae	Anacardiacées	3	31	34
	<i>Cneorum tricoccon</i>	Camélee		8	8
	Lamiaceae	Lamiacées	2		2
	<i>Lavandula</i>	Lavande		1	1
	<i>Lonicera</i>	Chèvrefeuille		1	1
	<i>Phillyrea/Rhamnus alaternus</i>	Filaire/Nerprun alaterne		2	2
	<i>Pistacia</i>	Pistachier		5	5
	cf. <i>Pistacia</i>	cf. Pistachier	1		1
	<i>Pistacia terebinthus</i>	Pistachier térébinthe		9	9
	<i>Pistacia lentiscus</i>	Pistachier lentisque	6	140	146
	<i>Quercus coccifera/ilex</i>	Chêne kermès/vert	39	4	43
	cf. <i>Rhus</i>	cf. Sumac		1	1
	Taxons potentiellement cultivés/exploités				
	Rosaceae	Rosacées	1		1
	Rosaceae prunoïdeae	Rosacées prunoïdées		1	1
	Autres				
Compositae	Composées		1	1	
	Ecorce	26	1	27	
	Nœuds		2	2	
	Indéterminables	37	18	55	
	TOTAL	115	225	340	
Autres paramètres observés	Fentes de retrait	51	220	271	
	Vitrification, stade 1	64	50	114	
	Vitrification, stade 2	8	90	98	
	Vitrification, stade 3	43	61	104	
	Vitrification, stade 4	0	23	23	
	Vitrification, stade 5	0	1	1	
	Zones colorées	0	0	0	
	Nœuds	6	32	38	
	Moelles	36	27	63	
	Ecorce	48	18	66	
	Bois de tension/compression	0	0	0	
	Thylles	2	6	8	
	Diamètres mesurables	15	37	52	
	Cernes courbés	48	121	169	
	Cernes peu courbés	0	16	16	
	Cernes rectilignes	0	0	0	
	Saison d'abattage	0	6	6	
Traces de champignons	0	0	0		
Traces d'insectes	0	0	0		

Tab. 3 Résultats de l'étude anthracologique des US1482 et 1514, en valeurs absolues.

progressivement. S'ensuit une étape de « maturité » du feu, très vif, accompagné d'un rythme d'enfournement soutenu, au cours de laquelle la température du four atteint le niveau nécessaire à la cuisson des pierres à chaux. Une fois la cuisson faite, les chauffourniers arrêtent l'enfournement, laissant le bois se consumer entièrement, ce qui provoque l'apparition d'un niveau de cendres au sommet de la couche de charbons de bois. Ainsi, dans les fours à chaux à longue flamme et à gueule basse, on retrouve des étapes similaires à celles des fours de potiers, pour lesquels on parle de « petit feu » et de « grand feu »⁶⁸.

3.3.2. Composition et physionomie du boisement exploité

Dans le four à chaux, l'étude anthracologique repose sur 340 charbons de bois, dont 256 ont fait l'objet d'une identi-

fication taxinomique. L'analyse a permis d'identifier quinze taxons différents. Deux US ont été étudiées (tab. 3 et fig. 19). Dans l'US 1514, sur 115 fragments étudiés après tamisage, 52 ont fait l'objet d'une identification taxinomique, permettant de reconnaître six taxons : anacardiacées, chêne kermès/vert, lamiacées, cf. pistachier, pistachier lentisque et rosacée. Dans l'US 1482, qui correspond à la dernière fournée du four à chaux, 225 fragments ont été étudiés, dont 204 ont pu être identifiés. Dans ce lot, le pistachier lentisque est nettement majoritaire (69 % des charbons de bois identifiés), suivi des anacardiacées et pistachiers identifiés seulement au rang du genre (18 %), du pistachier térébinthe (4 %), de la camélee (4 %), du chêne kermès/vert (2 %). D'autres taxons sont présents sporadiquement (une seule occurrence, soit 0,5 %) : filaire/nerprun alaterne, chèvrefeuille, lavande, cf. sumac, rosacée prunoïdée, composée.

Parmi les deux US étudiées, l'US 1482 offre un effectif suffisant pour reconstituer la composition du boisement exploité lors de la dernière cuisson. L'US 1514, avec 52 fragments identifiés,

68. JACOB 1981; CHABAL 2001.

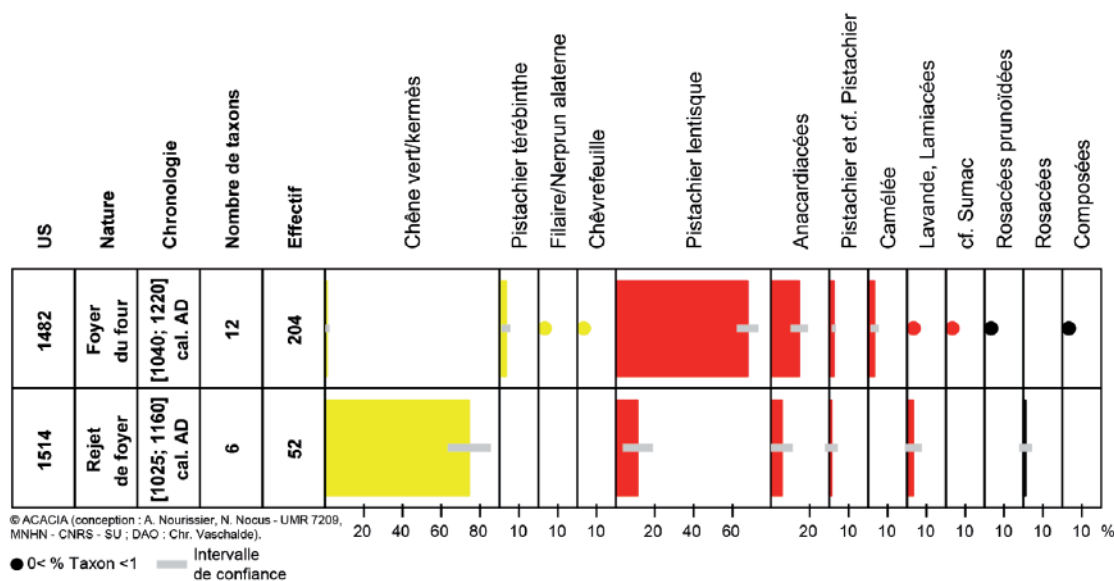


Fig. 19 Diagramme anthracologique des US1482 et 1514.

permet seulement de dégager une tendance. Avant d'exposer l'interprétation, il faut rappeler qu'à quelques exceptions près, comme le charbonnage et la métallurgie, les anthracologues ont montré que malgré le caractère sélectionné du combustible, les charbons de bois issus de contextes artisanaux utilisant du feu « flambant » fournissent une image fidèle de la composition du boisement exploité, et ce malgré une surreprésentation de certains taxons. C'est particulièrement vrai pour les productions de poteries, de tuiles/briques, et de chaux⁶⁹. De ce fait, une interprétation paléoécologique du spectre issu du four à chaux peut être proposée. Dans l'US 1482, et donc au moment de la dernière cuisson, la majorité des taxons déterminés sont très héliophiles (pistachier lentisque, camélie, chêne kermès/vert, lavande notamment), adaptés à l'étage mésoméditerranéen inférieur⁷⁰, ce qui permet d'envisager l'exploitation d'un milieu très ouvert. L'assemblage végétal montre que le boisement exploité est un matorral sur sol calcaire, du type *Pistacio-Rhamnetalia*, voire *Oleo-Lentisetum*⁷¹. Il s'agit d'une fruticée prenant la forme d'une brousse thermophile, adaptée aux sols pauvres voire rocailloux, composée d'essences majoritairement xérophiles, et inféodée à la chênaie sclérophylle méditerranéenne. Quelques taxons déterminés sont généralement plus typiques des formations dominées par les chênes à feuillage persistant, plus arborées que les matorrals à pistachier lentisque. Il s'agit notamment du filaire/nerprun alaterne et du chèvrefeuille, voire du pistachier térébinthe, que l'on peut également retrouver en sous-bois de chênaie caducifoliée. Quoiqu'il en soit, du point de vue de l'écologie des espèces, le spectre établi pour le four FR 1430 est très cohérent. En établissant une comparaison avec l'état de la végétation actuelle autour du site, il est possible de proposer une hypothèse de localisation du boisement exploité. Actuellement, les reliefs calcaires de l'île

Saint-Martin sont couverts d'une chênaie sclérophylle aux faciès variables. On trouve à la fois des pinèdes à pin d'Alep et/ou pin pignon, avec quelques chênes verts et kermès, ainsi que des zones de garrigues plus ouvertes. Les taxons arboréens y sont rares, laissant la place à la strate arbustive riche en romarin, pistachier lentisque, cistes, camélie, genévrier oxycèdre et genévrier de Phénicie (fig. 20). Les taxons arboréens (pin d'Alep, chêne vert) y ont un aspect rabougré sous l'effet des vents marins. Sont également régulièrement présents l'olivier, peut-être ensauvagé, et l'aubépine, qui accompagne souvent l'amandier en bordure de parcelles. Ces garrigues se développent plutôt sur les sols rocailloux des bordures sud et ouest de l'île (Barre de l'Évêque, sentier des Goules, lieu-dit Saint-Martin). On retrouve ici le milieu de prédilection du *Pistacio-Rhamnetalia*⁷². Notons que ce dernier est considéré par les écologues comme un état « pré-forestier » inféodé à la chênaie verte, mais qui peut rester à l'état de brousse dominée par le pistachier sur des sols pauvres, peu épais et rocheux. Ainsi, il est raisonnable de supposer que l'installation du *Pistacio-Rhamnetalia* sur la frange littorale de l'île Saint-Martin est ancienne, et que ce sont ces mêmes zones qui ont été mises à profit par les chaufourniers.

Si l'US 1482 éclaire le paysage exploité pour alimenter la dernière cuisson du four à chaux, que peut-on tirer de l'US 1514, qui documente une cuisson antérieure ? Le spectre anthracologique est dominé par le chêne vert/kermès, les autres taxons (pistachier lentisque, camélie, lamiacées, rosacées) étant minoritaires. L'effectif étudié étant trop réduit, il est seulement possible de supposer que le boisement exploité pour cette cuisson antérieure est dominé par le chêne vert/kermès. Doit-on y voir une évolution de la composition du boisement exploité sous le coup de l'activité des chaufourniers ? Il est difficile de répondre par l'affirmative. Certes, dans un environnement thermoméditerranéen qui favorise le développement du pistachier lentisque⁷³, les coupes répétées ont pu amener

69. DURAND 1998; CHABAL 2001; BREICHNER *et al.* 2002; VASCHALDE 2018; VASCHALDE et CHABAL à paraître; BIGOT et VASCHALDE 2017-2018.

70. OZENDA 1975.

71. BRAUN-BLANQUET *et al.* 1952; RIVAS MARTÍNEZ 1975.

72. QUÉZEL et MÉDAIL 2003, p. 381

73. GAUSSEN *et al.* 1964.



Fig. 20 *Matorral thermophile actuel autour de Saint-Martin-le-Bas (cl. J. Ros).*

ce taxon à se développer au détriment du chêne vert/kermès. Toutefois, il faut aussi envisager la possibilité que les chauxourniers aient exploité une partie de la frange littorale plus riche en chênes, ce qui se traduirait directement dans le spectre anthracologique. En l'absence d'autres contextes liés à l'activité du four, il n'est pas possible de conclure.

3.3.3. Les pratiques d'approvisionnement et d'utilisation du combustible

L'étude anthracologique renseigne également les pratiques techniques et les gestes liés à la récolte du combustible. Ces éclairages peuvent concerner la localisation et la gestion des espaces exploités, ainsi que la coupe et la transformation du bois en vue de son utilisation comme source d'énergie thermique.

Nous avons vu que la frange rocheuse du littoral sud et ouest de l'île Saint-Martin est très probablement exploitée préférentiellement par les chauxourniers. Cette localisation procède-elle d'un choix délibéré? La comparaison des résultats de l'étude anthracologique du four FR 1430 avec ceux obtenus dans le dépotoir FS 2092⁷⁴, contemporain de l'activité des chauxourniers, permet de disposer d'éléments de réponse. L'approche anthracologique a montré que les activités domestiques du site mobilisent principalement les formations du type *Pistacio-Rhamneta*, mais aussi des boisements plus mésophiles, telles que la chênaie caducifoliée et, peut-être, la frênaie-ormaise. Du bois flotté provenant de milieux plus montagnards, charriés par les cours d'eau et les courants marins, pourrait également avoir été ramassé occasionnellement sur le littoral. La fourniture en combustible domestique met donc à profit une palette beaucoup plus diversifiée que ce que l'on constate dans le cadre d'une activité artisanale comme la chauxournerie. En effet, pour ce qui concerne les deux cuissons documentées par l'anthracologie dans le four FR 1430, nous avons vu que le combustible provient uniquement des matorrals inféodés à la chênaie sclérophylle, dominés tantôt par le chêne vert/kermès, tantôt par le pistachier lentisque. Alors que les activités

domestiques sont prégnantes sur l'ensemble de l'île Saint-Martin, la chauxournerie ne semble utiliser que la frange littorale rocheuse. Ce choix est-il fondé sur la recherche d'un combustible aux propriétés particulières? On peut d'ores et déjà exclure l'hypothèse d'un pouvoir calorifique plus important. Les anthracologues s'accordent en effet sur l'absence d'une telle recherche chez les artisans utilisant un feu «flambant», comme les potiers, les tuiliers/briquetiers et les chauxourniers⁷⁵. De manière générale, les différentes espèces de bois ont un pouvoir calorifique assez peu variable en comparaison aux autres types de combustible (charbon minéral par exemple)⁷⁶. La recherche d'un calibre et d'une physionomie du bois particulière explique peut-être le choix d'un approvisionnement dans des zones de brousses. Lors de l'étude anthracologique, des mesures de ces calibres ont pu être réalisées. Les charbons de bois étudiés présentant un état assez dégradé, il s'agit même de la seule observation morphologique qui a pu être réellement pratiquée. Quelques calibres ont été mesurés au pied à coulisse électronique, permettant de disposer de données sur les diamètres. Parfois, les charbons de bois sont conservés sous la forme d'un «quart de rond», permettant de mesurer le rayon. Le doublement de ce dernier, certes arbitraire, donne une estimation du diamètre initial. Dans l'US 1514, 15 fragments ont bénéficié de cette démarche, appartenant aux taxons chêne kermès/vert et Rosacée, mais dont certains n'ont pu faire l'objet d'une détermination taxinomique. L'effectif de cette US, assez réduit, ne permet pas de dégager des conclusions mais apporte au moins quelques informations sur les tendances observées dans ce contexte. Dans l'US 1482, des calibres ont été mesurés sur 37 fragments, appartenant à sept taxons sur les quatorze identifiés : anacardiées, camélé, composées, filaire/nerprun alaterne, pistachier lentisque, pistachier térébinthe, rosacées prunoïdées (tab. 4).

Une ventilation des calibres (mesurés et restitués) par classes de diamètres montre que, pour l'US 1482, les fragments mesurent entre 1 et 25 mm, la majorité étant inférieure à 6 mm (fig. 21). Dans l'US 1514, les charbons de bois mesurés ont tous un diamètre inférieur à 5 mm, la majorité étant comprise entre 1 et 3 mm. S'il faut garder à l'esprit que le mauvais état de conservation des charbons de bois altère notre vision de la physionomie d'origine du combustible, ces résultats montrent qu'au moins une partie du bois brûlé prend la forme de brindilles ou de petites branches dont le diamètre ne dépasse pas quelques centimètres, ce qui est en accord avec le spectre taxinomique établi. La récolte de bois de petit calibre est tout à fait adaptée à l'utilisation d'une énergie thermique fondée sur l'usage d'un feu «flambant». Dans le cas des potiers, L. Chabal fait remarquer que ce type de collecte «permet lors du grand feu une alimentation soutenue sans production de braise. De plus, elle est optimale en termes d'efforts de coupe, par opposition à l'abattage de forts calibres, qui en outre nécessiteraient d'être refendus⁷⁷». Le feu des fours à chaux étant rythmé par les mêmes étapes que celui des fours à céramique⁷⁸, il y a donc tout lieu de penser que les chauxourniers ont délibérément

75. CHABAL 2001; BREICHNER *et al.* 2002; CHABAL *et al.* 2012; VASCHALDE 2018; VASCHALDE, CHABAL à paraître; BIGOT et VASCHALDE 2017-2018.

76. CHABAL *et al.* 2017.

77. BREICHNER *et al.* 2002, p. 88.

78. VASCHALDE 2018, ch. 3.

74. DUPERRON *et al.* à paraître.

US/Prélèvement	N° de fragment	Taxon	Diamètre mesuré (mm)	Rayon mesuré (mm)	Diamètre reconstitué (mm)
US1482, A2, 5-10 cm, flottation 4 mm	2	Pistachier	8,3		
	5	Pistachier	2,9		
	6	Anacardiacee	2,2		
	8	Anacardiacee	4,6		
	10	Pistachier lentisque		6,8	13,7
	16	Filaire/Nerprun alaterne	3,1		
	18	Camélee	4,6		
	30	Indéterminable	2,9		
	51	Pistachier lentisque		6,4	12,7
	57	Pistachier lentisque		2,9	5,7
	59	Pistachier lentisque		3,9	7,8
	65	Indéterminable	2,8		
	71	Pistachier lentisque		5,4	10,7
	72	Pistachier lentisque		2,8	5,7
	76	Anacardiacee	3,2		
85	Indéterminable	4,0			
92	Indéterminable	2,7			
US1482, C2, 0-5 cm, flottation 4 mm	1	Pistachier lentisque			
	2	Pistachier lentisque			
US1482, C2, 5-10 cm, flottation 4 mm	1	Pistachier lentisque	6,1		
	9	Anacardiacee	3,1		
	11	Pistachier lentisque		12,0	24,0
	21	Camélee	3,0		
	22	Pistachier lentisque	5,0		
	27	Pistachier lentisque		3,5	7,0
	30	Indéterminable	2,5		
	36	Pistachier térébinthe	2,0		
	46	Pistachier lentisque		8,4	16,8
	48	Pistachier lentisque	3,8		
	51	Pistachier lentisque		7,9	15,8
	55	Composée	3,5		
	57	Anacardiacee		2,3	4,6
	64	Pistachier lentisque		2,4	4,8
	66	Anacardiacee	4,7		
	68	Pistachier lentisque	4,7		
70	Pistachier lentisque	2,9			
71	Camélee	2,3			
87	Pistachier lentisque		6,0	12,0	
95	Indéterminable	1,6			
US1514, tamisage 4 mm	1	Chêne kermès/vert	2,9		
	3	Chêne kermès/vert	4,5		
	4	Chêne kermès/vert	3,7		
	6	Indéterminable	2,4		
	7	Rosacée	2,1		
	9	Chêne kermès/vert	2,9		
	10	Indéterminable	1,6		
	12	Indéterminable	1,6		
	13	Indéterminable	2,3		
	14	Indéterminable	2,6		
US1514, tamisage 2 mm	2	Chêne kermès/vert	2,3		
	6	Chêne kermès/vert	1,7		
	7	Chêne kermès/vert	2,6		
	8	Chêne kermès/vert	1,7		

Tab. 4 Mesures des calibres effectuées sur les charbons de bois des US1482 et 1514.

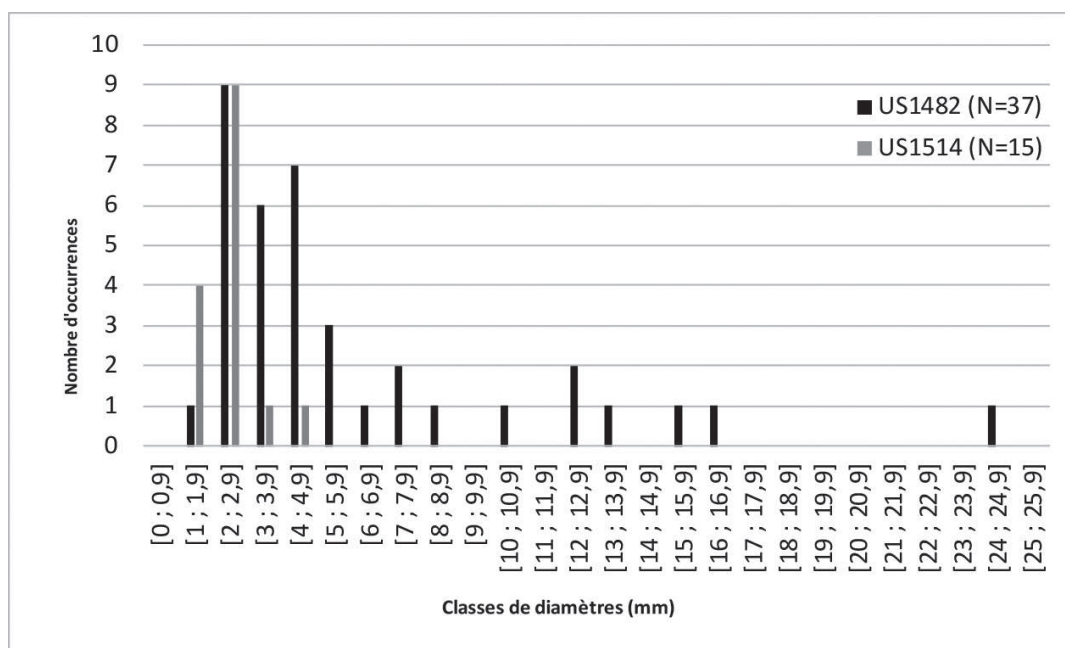
cherché des formations buissonnantes, mieux à même de fournir la matière idéale à la confection des fagots. Il faut toutefois nuancer quelque peu cette conclusion, qui pourrait laisser penser que les artisans ont eu l'entière liberté de choisir les zones de coupe. La Provence des XIII^e-XVII^e siècles offre un cas de comparaison particulièrement intéressant. Dans cette région, les études anthracologiques ont montré que, globalement, les chaudières font feu de tout bois. Cependant, à la lumière des sources textuelles, il apparaît que l'accès au bois pour la chaudière est au centre de restrictions destinées à préserver les parties utiles des arbres et/ou des boisements, utilisées dans le cadre de nombreuses autres activités économiques (charbonnage, bois d'œuvre, pâturage, etc.)⁷⁹. À Gruissan, cette organisation apparaît quelque peu au travers de l'étude anthracologique du dépotoir domestique FS 2092.

Les taxons arborés (chêne caducifolié, frêne, orme) ont pu être utilisés comme bois d'œuvre avant d'être récupérés comme combustible⁸⁰. Ils sont en tout cas bien présents dans le paysage de l'île Saint-Martin, et n'ont pas été exploités pour fournir du combustible aux chaudières. Il est donc permis de supposer que l'exploitation de la frange littorale procède d'un choix par défaut, mais qu'elle répond parfaitement aux besoins techniques que la cuisson de la chaux impose aux artisans.

Un dernier aspect des pratiques d'utilisation du combustible peut être exploré en croisant l'approche anthracologique et l'évolution de la structure même du four FR 1430. Nous avons vu que le spectre anthracologique évolue entre l'US 1514, témoin d'une cuisson antérieure à la dernière fournée, et l'US 1482, vestige de la dernière cuisson. Les chaudières, après avoir probablement utilisé en majorité des fagots de

79. VASCHALDE 2018, p. 250-254.

80. DUPERRON *et al.* à paraître.



4.

Fig. 21 Répartition par classes de diamètres des calibres mesurés sur les US1482 et 1514.

chêne vert/kermès provenant d'une garrigue, font usage à la fin de leur activité de fagots composés majoritairement de pistachier lentisque issu des brousses du littoral. La succession stratigraphique établie lors de la fouille montre qu'au moment où les chaufourniers utilisent le chêne kermès/vert, la gueule du four n'est pas obstruée par le bloc SB 1502, et mesure environ 1×1 m (fig. 5 et 9). Par la suite, le bloc SB 1502 est installé devant la gueule, réduisant considérablement l'ouverture, qui ne mesure plus qu'environ $0,15 \times 1$ m. Or, les enquêtes ethno-archéologiques auprès des chaufourniers actuels d'Afrique du Nord⁸¹, et le croisement des données anthracologiques et archéologiques récoltées à la suite des fouilles de fours à chaux du Midi de la France⁸², ont montré que les dimensions des gueules des fours sont en grande partie déterminées par la taille du combustible utilisé. Ainsi, le changement de composition floristique constaté dans le combustible du four FR 1430 s'accompagne sans doute d'une réduction de la taille des fagots. Cette évolution a sans doute une incidence sur les gestes mêmes des artisans au moment de la cuisson. La quantité de bois enfournée avec chaque fagot étant moindre, un rythme d'enfournement plus rapide est nécessaire pour maintenir le niveau de température indispensable à la cuisson des pierres à chaux.

RESTITUTION DU FONCTIONNEMENT DU FOUR

4.1. NOMBRE DE CUISSONS ET PÉRENNITÉ DE LA PRODUCTION DE CHAUX SUR LE SITE

La stratigraphie permet d'identifier au moins deux cuissons successives. Habituellement, pour ce type de structure, seule la dernière cuisson est identifiable au moment de la fouille. Dans le four FR 1430, l'US 1514 témoigne d'une cuisson antérieure à l'aménagement du bloc de grand appareil SB 1502, qui était présent lors de la dernière cuisson qui a généré le foyer retrouvé dans le four (US 1482). Il faut également noter qu'une couche de rejet de charbons (US 1503) tapissait la partie nord-est de la fosse de travail. Elle provient certainement d'un nettoyage du four, mais sans que l'on puisse l'associer formellement à l'US 1514 ou à une autre cuisson.

4.2. RESTITUTION DE LA CHAÎNE OPÉRATOIRE

4.2.1. Creusement

Le creusement du four constitue la première étape du travail des chaufourniers. Les traces d'outils conservées sur les parois l'illustrent bien. Surtout, la forme arrondie de ces impacts montre que les artisans ont sans doute manié des outils pointus (pic), différents de ceux utilisés par les chaufourniers de Villeveyrac (Hérault) au début du haut Moyen Âge (traces d'outils tranchants, type pioche)⁸³. Lors du creusement, les chaufourniers ont laissé la banquette US 1481. Ces travaux,

81. VASCHALDE *et al.* 2015.

82. ID. 2018, p. 328-331.

83. VASCHALDE *et al.* 2014.

qui concernent autant le four que la fosse, ont nécessairement engendré une très grande quantité de déblais, mais dont aucune trace n'a été retrouvée pour l'instant sur le site.

4.2.2. Extraction des pierres et chargement

Le choix et le chargement des pierres à chaux sont documentés de manière exceptionnelle grâce à la découverte d'une partie importante de la charge à cuire encore en place dans le four (US 1479 et 1480), protégée par la couche de chaux carbonatée US 1471 (fig. 11). Cet ensemble montre d'abord que les chauxourniers ont choisi un seul type de pierres pour produire de la chaux : des moellons relativement plats mesurant souvent de 5 à 10 cm d'épaisseur. Leur module montre qu'ils proviennent du démontage des maçonneries du Haut Empire présentes sur le site. Il y a donc un choix précis, délibéré, voire une volonté importante de se procurer cette matière première. Ce choix est d'autant plus intéressant qu'il n'est pas sans poser des problèmes techniques au moment de la cuisson. Habituellement, et lorsqu'ils cuisent des blocs sans forme particulière, les chauxourniers cherchent à réduire au maximum les espaces de vides⁸⁴. Ces derniers sont de toute manière toujours présents dans le cas de blocs informes, permettant à la chaleur de circuler. Or, ici, ce sont des pierres plates qui ont été utilisées. Un empilement serré de ces pierres empêcherait l'air chaud de circuler, et compromettrait le bon déroulement de la cuisson. C'est ce qui explique sans doute l'adoption par les chauxourniers de Gruissan d'un mode de chargement particulier, observé dans les US 1480 et 1479. Les pierres plates ne sont pas accolées, et des espaces vides sont laissés régulièrement, les pierres étant chargées en quinconce. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer ce choix de matière première. Les matériaux récupérés peuvent être plus faciles à extraire de maçonneries que de carrières ouvertes dans des bancs naturels compacts. Cette facilité d'obtention de la matière première n'est pas en contradiction avec le type de chaux (aérienne calcique grasse) que les artisans ont voulu produire.

La base de la charge repose sur des blocs de calcaire siliceux apparemment non-calcinable, également disposés de manière à laisser des vides pour la circulation de la chaleur. Dans le chargement, mêlés aux pierres à chaux, de nombreux blocs de grès ont été installés, principalement contre les parois du four, sporadiquement associés à des fragments de tuiles. Tout comme les pierres à chaux, le grès a sans doute été récupéré dans les maçonneries antiques, ce matériau ayant été fréquemment utilisé par les bâtisseurs de l'établissement du Haut-Empire. L'association du grès au chargement est comparable à la pratique des chauxourniers actuels de la vallée d'Aïn Lansarine en Tunisie⁸⁵. Les voûtes provisoires des fours reposent sur un calcaire siliceux non calcinable, et des blocs de grès sont disposés entre la charge et les parois pour augmenter le pouvoir réfractaire de cette dernière et concentrer un peu plus la chaleur dans le four. Enfin, dans le four FR 1430, notons que les pierres à chaux sont disposées à plat, ce qui concorde avec un chargement reposant sur une voûte en encorbellement

montée sans cintrage, conformément à tout ce qui est connu par l'archéologie et l'ethnoarchéologie⁸⁶. Le sommet de la charge prenait probablement la forme d'un dôme, recouvert d'une couche d'argile avant ou pendant la cuisson. Les fragments de cette couche provisoire, destinée à contenir la chaleur dans le four, ont parfois été retrouvés dans le comblement du four et de sa fosse. L'US 1337 du niveau de circulation supérieur ayant livré des *tegulae* avec des traces de chauffe, il est possible que la couverture provisoire du chargement ait aussi été composée de tuiles.

La restitution de la capacité de production du four est possible par comparaison avec les cas archéologiques et les enquêtes ethnoarchéologiques. Cette restitution repose en premier lieu sur les dimensions de la structure archéologique, et sur la restitution des parties disparues. Les niveaux de circulation supérieurs étant conservés autour du four, la restitution de l'arase d'origine des parois est possible, située à environ 20 à 30 cm au-dessus de l'arase actuelle. En appliquant un profil de charge similaire à ceux observés à Aïn Lansarine, et selon les modalités de calcul établies pour les fours à gueule basse⁸⁷, il est possible d'affirmer que le four FR 1430 a produit environ 13 m³ de chaux vive par fournée, pesant environ 10 tonnes.

4.2.3. Cuisson et gestion du feu

Une fois le four creusé, quelques parties permanentes sont bâties avec des matériaux réfractaires pour résister au feu. C'est le cas de la gueule SB 1488, construite avec des blocs de grès, et de la paroi aménagée sur son linteau avec de l'argile. Dans les premiers temps de fonctionnement du four, l'orifice de la gueule paraît rester tel quel. Puis, dans un second temps, il est en partie obstrué par l'installation d'un gros bloc de pierre de taille réemployé (SB 1502). Compte tenu du poids important de ce bloc, il s'agit d'une modification volontaire et permanente, visant probablement à réduire la taille de la gueule, dont la hauteur passe de 1,10 m à seulement 0,30 m environ, pour 0,90 m de largeur. Une telle modification peut s'expliquer de deux manières. Il peut s'agir d'un changement de morphologie du combustible, la taille de la gueule étant toujours déterminée par la taille du combustible qui y est enfourné⁸⁸. Ici, on aurait donc une telle réduction. Cette taille ne concerne pas les calibres du bois qui est brûlé. En effet, l'étude anthracologique montre que dans les US 1482 et 1514, ce sont des bois de petit diamètre qui ont été enfournés (brindilles, branchettes). Le bois de broussaille étant généralement fagoté avant d'être transporté vers le four, il faut donc supposer que c'est la taille des fagots qui a évolué. Par ailleurs, le changement de taille de la gueule peut également s'expliquer par une volonté de réduire l'arrivée d'air dans le foyer, probablement pour éviter les déperditions de chaleur. Notons que les deux explications peuvent être complémentaires.

Quelques éléments permettent de restituer les gestes des chauxourniers après l'allumage du feu. Les traces en V observées sur la surface du fond du four témoignent de l'utilisation de tisons, appelés aussi ringards, sortes de longues tiges

84. VASCHALDE *et al.* 2015.

85. *Id.* 2013, vol. 3 et *Id. et al.* 2015.

86. VASCHALDE 2018, p. 165-174.

87. *Ibid.*, p. 180-189.

88. *Id.* 2013, vol. 2, p. 650-655.

métalliques servant à remuer les braises du feu. La forme en V montre que les artisans ont cherché à remuer toutes les braises dans l'ensemble de l'espace du foyer, afin d'attiser au mieux le feu. Aucun tison médiéval n'est connu, mais leur longueur peut être restituée grâce aux dimensions du four et de la fosse de travail. En effet, le tison doit être suffisamment long pour atteindre l'arrière du four, tout en étant tenu par l'artisan. Lorsque ce dernier le retire du foyer, il doit avoir un espace suffisamment grand derrière lui pour disposer du recul nécessaire pour manœuvrer l'outil. Une longueur d'environ 4 m paraît la plus raisonnable pour les tisons utilisés à Gruissan, ce qui correspond globalement à la longueur de la fosse de travail. Une fois la cuisson terminée, les chafourniers ne paraissent pas avoir fermé la porte du four, comme cela peut se faire parfois. Ils ont laissé le feu s'éteindre naturellement, ce qui explique la présence d'une couche de cendre au sommet du foyer US 1482, la combustion étant allée à son terme.

4.2.4. Défournement

Lors de la fouille, une très grande quantité de chaux carbonatée était encore présente dans le four et sur ses abords immédiats (US 1471, 1478, 1485 et 1487) (fig. 13). Ces couches témoignent de l'étape du défournement, qui implique que les chafourniers puissent circuler autour du four, ce que montrent bien les niveaux de circulation supérieurs mis au jour au sud de la structure (US 1337). Dans le four, le fait que la charge soit encore partiellement en place au moment de la fouille montre aussi le soin apporté par les artisans pour décharger la chaux. Aucun effondrement de la voûte n'a été provoqué. Il faut donc privilégier l'hypothèse d'un démontage méthodique, similaire à la technique encore utilisée actuellement à Aïn Lansarine en Tunisie⁸⁹. Ce type de démontage est appliqué lorsque les artisans cherchent à retirer la chaux du four sous sa forme vive, et donc quelques heures à peine après la fin de la cuisson. La chaux qui se trouvait encore dans le four lors de la fouille représente un volume global estimé à environ 10 m³. Étant éteinte et carbonatée, il faut considérer qu'elle a foisonné après son abandon, foisonnement qui l'a fait augmenter de volume, jusqu'à 2,5 fois le volume initial⁹⁰. Ce sont donc environ 4 m³ de chaux vive qui ont été abandonnés après la dernière cuisson, soit un tiers de la fournée. Cet abandon est difficile à expliquer. Il est peut-être lié au mauvais déroulement de la dernière cuisson. En effet, si une partie de la charge a été conservée dans le four, c'est bien parce qu'elle n'a pas été cuite. Il est également possible d'envisager l'arrêt total de l'activité des chafourniers sur le site, pour une raison qui nous échappe (diminution de la demande ? arrêt des commandes ?).

4.2.5. Comment représenter les artisans au travail ? Restitution 3D du chargement du four (fig. 22)

L'état de conservation exceptionnel du four FR 1430 de Gruissan a rendu possible un travail de restitution 3D de la structure. Les fouilles de fours à chaux ont régulièrement

conduit les archéologues à proposer des reconstitutions représentant les fours déjà chargés en pierres, voire en cours de fonctionnement⁹¹. À l'inverse, les étapes d'acquisition, de transport et de préparation de la matière première et du combustible sont très rarement représentées⁹². Pourtant, à la lumière de l'analyse des vestiges mis au jour à Gruissan, il est clair que c'est au cours de ces étapes qu'apparaît toute la complexité du savoir-faire des chafourniers.

Le travail de restitution implique de faire des choix de représentation de la culture matérielle des artisans. Ces derniers sont représentés en blanc, les tenues vestimentaires du Narbonnais au cours de la période de fonctionnement du four étant très mal connues. Par ailleurs, une telle représentation met mieux en valeur les gestes des ouvriers. Les choix opérés pour ce qui concerne l'outillage (barre à mine, masse, civière, couffin, fourche) sont justifiés par une analogie avec la pratique des chafourniers actuels observés lors d'enquêtes ethnoarchéologiques⁹³, et par l'existence de quelques mentions dans les textes des XIII^e-XV^e siècles dans le Midi⁹⁴. De même, le moyen de transport représenté, un mulet, est celui qui apparaît le plus souvent dans la documentation médiévale.

Sur la reconstitution 3D qui est proposée ici, nous avons choisi de mettre en avant la simultanéité des étapes de la chaîne opératoire. Le maître chafournier est occupé à disposer les pierres dans le four, de manière à construire une voûte en encorbellement qui ne nécessite aucun cintrage en bois. Pendant ce temps, des ouvriers extraient les pierres des murs antiques, lesquelles sont transportées vers le four pour être concassées en morceaux plus ou moins gros, utilisés ensuite par le maître chafournier. Un tas de terre, situé près du four, fournira le matériau nécessaire à la couverture du chargement une fois le four allumé. Simultanément au chargement, les premiers fagots de bois, verts car fraîchement coupés, sont acheminés et stockés dans le four ou dans la fosse de travail. La multiplicité des étapes de la chaîne opératoire et leur complexité nécessitent forcément la mobilisation d'un nombre important d'ouvriers, que ce soit pour l'acquisition, pour le transport ou pour la mise en place dans le four. La scène représentée donne une impression de foisonnement qui, à nouveau, est celle que l'on constate dans les textes médiévaux et lors des enquêtes ethnoarchéologiques. Enfin, un foyer domestique, installé dans la fosse de travail, rappelle que les artisans vivent autour du four, l'espace de quelques heures ou de quelques jours. Bien que cet aspect de la vie quotidienne des artisans n'ait laissé que très peu de traces archéologiques à Gruissan, ce qui est courant dans les structures liées à la production de chaux, nous avons choisi de représenter des poteries associées au foyer, dans le goût du Languedoc du Moyen Âge central.

Une fois l'ensemble de ce travail terminé, le four prend l'aspect d'un dôme de petites pierres, analogue aux fours actuels d'Aïn Lansarine en Tunisie (fig. 23).

89. VASCHALDE *et al.* 2015.

90. ID. 2013, vol. 1, p. 455.

91. SÖLTER 1970; DIX 1982; ADAM 1989; MORTAGNE et BARAT 1991; SUMÉRA et VEYRAT 1997; GERBER *et al.* 2002; MOTTE *et al.* 2009.

92. DEMAREZ 2014, p. 129.

93. VASCHALDE 2013, vol. 3; ID. *et al.* 2015.

94. ID. 2018, p. 243-247; BURRI *et al.* 2013.



Fig. 22 Restitution 3D du four en cours de chargement et de l'approvisionnement en matières premières et combustible (conception P. Cervellin).



Fig. 23 Vue du four G61 d'Ain Lansarine (Tunisie, 2009), comparable au four FR1430 de Gruissan, une fois le chargement terminé et avant l'allumage du feu (cl. C. Vaschalde).

5. STATUT DU SITE ET DÉBOUCHÉ DE LA PRODUCTION : UNE COMMANDE SEIGNEURIALE ?

La chaîne opératoire étant restituée, se pose la question des motivations qui ont conduit à produire de la chaux sur le site de Saint-Martin-le-Bas. C'est toute la problématique des débouchés qu'il faut donc traiter, laquelle nécessite de s'intéresser, en premier lieu, au statut du site et à son possible propriétaire.

5.1. STATUT DU SITE : UN FOUR INSTALLÉ DANS LES POSSESSIONS DES ARCHEVÊQUES DE NARBONNE ?

L'histoire de Gruissan au cours du Moyen Âge central est mal connue. Plusieurs éléments sont exposés par G. Mouynès au XIX^e siècle⁹⁵. Selon lui, le *castrum* et son territoire sont partagés entre plusieurs seigneurs. En 1084, une sentence arbitrale attribue le château à Bérenger Daudé, fils de Guillaume, au détriment de son frère cadet, également prénommé Guillaume. L'acte est passé en présence de l'archevêque de Narbonne, qui détient probablement déjà des parts de la seigneurie. C'est en tout cas certain en 1165, lorsque Louis VII confirme à l'archevêque Pons d'Arsac les droits sur Gruissan. Dès la fin du XI^e siècle, Gruissan semble donc être une coseigneurie, et cette situation perdue jusqu'à la fin du XIII^e siècle. En 1296, l'archevêque Gilles Aycelin acquiert toutes les parts de la seigneurie⁹⁶.

Les droits et les possessions de l'Église de Narbonne à Gruissan sont beaucoup mieux connus au XIV^e siècle, grâce au *Livre vert* de Pierre de la Jugie⁹⁷. Les archevêques y sont seigneurs majeurs, et possèdent le château, qui n'a que des fonctions de défense et de prison. Dans le terroir, ils ont des droits sur les moulins bladiers à vent, sur les revenus de l'église, sur les récoltes, ainsi que sur la chasse et la pêche. Ils possèdent la propriété foncière des zones incultes, dont

95. MOUYNÈS 1877, p. 395-398.

96. SERDON 2007, p. 75.

97. JALABERT 2009.

l'exploitation fait l'objet d'accords avec la communauté des habitants, et d'une partie des étangs.

L'état des possessions gruisannaises des archevêques de Narbonne au cours des XII^e-XIV^e siècles suggère une assise foncière solide. Son origine pourrait se situer au début de la présence franque dans le secteur. En 844, Charles le Chauve confirme de nombreuses possessions à l'archevêque, et accorde l'immunité à l'église de Narbonne⁹⁸. L'archevêque a autorité sur le monastère de Saint-Paul et la moitié de la ville, et possède la moitié des droits de tonlieu et de péage sur le commerce terrestre et maritime, et sur le produit des salines. Ces droits suggèrent une implantation forte sur le littoral, et donc probablement autour de Gruissan. Surtout, la charte rappelle que ces droits ont été concédés jadis par Pépin le Bref, dans un acte aujourd'hui perdu. Cette mention situe donc la genèse du temporel narbonnais sur le littoral entre 759, date de la prise de Narbonne et de la fin de la présence arabo-berbère, et 768, année de la mort du roi franc. À la suite de la conquête de la Septimanie, Pépin paraît s'être appuyé sur l'épiscopat local afin d'asseoir son autorité. Cette stratégie se serait donc traduite par l'attribution de domaines et de droits. Plus tard, le comte Milon usurpe les biens de l'archevêque de Narbonne, mais ces biens sont rendus à l'Église en 782 par Charlemagne⁹⁹.

Il n'est pas possible d'affirmer formellement que le site de Saint-Martin-le-Bas appartienne au domaine de l'Église de Narbonne lorsque le four FR 1430 fonctionne. Toutefois, cette éventualité est fortement probable, car les archevêques, coseigneurs de Gruissan dès le XI^e siècle, possèdent la propriété foncière des zones incultes au cours du bas Moyen Âge et, de manière générale, détiennent de nombreux droits et domaines sur le littoral depuis l'époque carolingienne. La propriété des zones incultes ne peut qu'interpeller, puisque le fonctionnement du four nécessite d'investir une partie du territoire entourant le site, dans le but de l'approvisionner en combustible.

5.2. QUEL DÉBOUCHÉ POUR LA CHAUX DE SAINT-MARTIN-LE-BAS ?

Identifier le débouché de la production d'un four à chaux est indispensable pour inscrire la chaufournerie dans une dynamique socio-économique. Aux XI^e-XIII^e siècles, dans le Midi, plusieurs secteurs sont potentiellement consommateurs de chaux : les tanneries, l'artisanat verrier, la production de fer

et le bâtiment¹⁰⁰. Dans le pays narbonnais, l'agriculture a peu utilisé de chaux ; les sols étant majoritairement calcaires, il n'est pas nécessaire de rectifier l'acidité des terres cultivées au moyen du chaulage. Quant aux productions de savon et de sucre, utilisant également la chaux, elles n'ont pas été mises en œuvre dans cette région.

La tannerie est l'un des plus importants secteurs de production à Narbonne au XIV^e siècle¹⁰¹. La fabrication de cuir nécessite de l'eau de chaux pour traiter les peaux. Toutefois, rien n'est connu de cet artisanat au cours de la période antérieure, ni de son fonctionnement et des modalités d'approvisionnement en matières premières. La production verrière peut également utiliser la chaux comme fondant. Si des ateliers sont attestés dans les Corbières¹⁰² à l'ouest de Narbonne aux XIII^e-XV^e siècles¹⁰³, il est peu probable que les artisans se soient fournis hors de ce massif, lui-même constitué de calcaire propice à la fabrication de la chaux. Enfin, le bâtiment apparaît comme le secteur le plus dynamique et le plus propice à générer une forte demande en chaux, et ce dès le XI^e siècle. Ce regain d'activité au cours du Moyen Âge central est porté par un faisceau de phénomènes : croissance urbaine, développement de techniques particulières nécessitant du mortier de chaux (recours à la voûte cintrée), développement d'une mode portée sur la construction en pierres et chaux¹⁰⁴. Dès les alentours de l'an Mil, Narbonne s'étend, des faubourgs sont créés, et de nombreux chantiers s'ouvrent : construction de nouvelles églises paroissiales à partir du XI^e siècle, édification d'une enceinte à la charnière des XI^e et XII^e siècles, installation de couvents appartenant aux ordres militaires et mendiants jusqu'au XIII^e siècle¹⁰⁵. Dans les campagnes, la même dynamique semble exister, même si l'état de la recherche la rend moins perceptible. Au nord de Gruissan, citons à titre d'exemple l'église Saint-Martin de Vinassan, connue dès le IX^e siècle et reconstruite à l'époque romane, l'église Saint-Pierre d'Armissan (mal datée), ou encore l'établissement cistercien d'Ollieux (1204). De l'autre côté des étangs, à l'ouest, les chantiers de grande ampleur paraissent moins nombreux ou, peut-être, moins bien documentés. Il convient toutefois de signaler l'église paroissiale de Peyriac-de-Mer. Enfin, à Gruissan même, le château existerait dès le XI^e siècle. L'étude du bâti de V. Serdon montre que deux phases de construction précèdent les aménagements de la seconde moitié du XIII^e siècle, ce que corroborent les données textuelles qui évoquent une « vieille tour » dès 1245¹⁰⁶. L'expansion de la mode du mortier de chaux concerne surtout les édifices monumentaux (châteaux, églises, etc.) et, jusque dans le courant du XIII^e siècle, la chaux reste encore peu

98. CLAUDE DE VIC ET JOSEPH VAISSETTE, *Histoire générale du Languedoc*, DULAURIER E. (éd.), 1872, vol. 4-2, p. 674. Ces possessions sont à nouveau confirmées par Carloman en 881, Eudes en 890 et Charles le Simple en 898 et 922.

99. CLAUDE DE VIC ET JOSEPH VAISSETTE, *Histoire générale du Languedoc*, DULAURIER E. (éd.), 1875, vol. 2, p. 47 (preuves), n° 6-V ; CARBONEL 1956, p. 113 ; MAGNOU-NORTIER 1974. En 1956, P. Carbonel publie une carte sur laquelle figure l'île Saint-Martin parmi les biens rendus à l'archevêque Daniel en 782. Toutefois, dans l'*Histoire générale du Languedoc*, la transcription de la charte n'évoque que l'*insula Kauco*, qui correspond au toponyme « Cauquenne » ou « Cauchène », souvent associé à l'île Saint-Martin. Or, au cours de l'époque moderne, le toponyme change, et devient « Sainte-Lucie ». L'*insula Kauco* de 782 ne peut donc être identifiée comme l'île Saint-Martin actuelle, mais correspond à l'île Sainte-Lucie, située au sud de l'étang de l'Ayrolle. Sur ce problème, voir GOURON 1977.

100. VASCHALDE 2013, vol. 1, p. 467-475.

101. LARGUIER 1999, p. 66-70 ; CARDON 2007.

102. Le massif des Corbières est également le théâtre d'une exploitation du minerai de fer depuis l'Antiquité. Dans le domaine de la métallurgie du fer, la chaux peut être utilisée comme fondant lors de la réduction indirecte en haut fourneau. Dans le Midi de la France, son usage dans la sidérurgie médiévale n'est pas attesté (LEROY 2010 ; PAGÈS 2010 ; MANTENANT 2014). L'hypothèse d'une telle utilisation de la chaux du four de Gruissan, qui est de surcroît éloigné de plusieurs dizaines de kilomètres du gisement métallifère des Corbières, est donc à écarter.

103. COMMANDRÉ 2014, vol. 2, p. 9.

104. VASCHALDE 2013, vol. 1, p. 491-493.

105. CAILLE 1995.

106. SERDON 2007.

utilisée dans l'habitat civil du Midi méditerranéen. Ce constat, qu'il faut nuancer pour l'habitat des notables, est particulièrement vrai dans le monde des « gens du commun », et donc de la majorité de la population¹⁰⁷.

Tous les chantiers ou secteurs consommateurs cités précédemment sont situés à moins de 15 km du four FR 1430, que ce soit par voie terrestre ou maritime, distance aisément parcourable par des transporteurs¹⁰⁸. Toutefois, plusieurs arguments plaident en faveur d'une utilisation locale de la chaux de Saint-Martin-le-Bas. Le calcaire étant omniprésent en pays narbonnais, la majorité des chantiers de construction des XI^e-XIII^e siècles bénéficie d'une potentialité favorable des ressources naturelles, et a donc pu s'approvisionner avec une chaux produite à des distances plus courtes, autour de Montredon-des-Corbières par exemple. Surtout, le statut du domaine de Saint-Martin-le-Bas et du château de Gruissan donne un cadre juridique à l'exploitation des ressources naturelles pour la production de chaux. En effet, nous avons vu que ces deux sites appartiennent, de manière plus ou moins assurée dans le cas de Saint-Martin-le-Bas, à l'archevêque de Narbonne. Les confirmations successives des droits sur le littoral accordées par le pouvoir royal à l'Église de Narbonne du IX^e au XII^e siècle suggèrent une continuité de la propriété foncière de celle-ci dans le secteur de Gruissan. Ainsi, lorsque les archevêques décident la construction du château, ou au moins l'aménagement de nouvelles parties, ils pourraient avoir disposé de ruines à Saint-Martin-le-Bas, dont le démontage peut être considéré comme une opportunité d'accéder à une matière première nécessitant un investissement d'exploitation moindre. L'avantage peut être double. Il est d'abord technique, l'extraction de bancs calcaires naturels nécessitant des moyens et des efforts plus conséquents. Par ailleurs, P. Bernardi¹⁰⁹ a montré toute l'importance de la récupération de matériaux de construction dans les chantiers de la fin du Moyen Âge. Ces matériaux ne sont pas gratuits, mais leur prix de revient est bien moins élevé que des produits neufs. Si l'on accepte l'idée d'une commande de l'archevêque pour alimenter le chantier de son propre château, il est certain qu'il n'a pas eu à payer l'achat du calcaire. Toutefois, le recours au démontage des murs antiques permet d'abaisser le coût du travail d'extraction, que ce coût s'exprime en salaire pour les ouvriers ou en temps de corvée.

Ainsi, si aucune preuve matérielle ne permet de rattacher la fabrication de la chaux de Saint-Martin-le-Bas avec le chantier de construction du château de Gruissan, un faisceau d'indices invite à privilégier cette hypothèse : il s'agit du chantier le plus proche ; la chronologie concorde ; les travaux sont très probablement commandés par l'archevêque, qui pourrait être propriétaire à la fois des zones incultes gruissannaises et des ruines de Saint-Martin-le-Bas, ruines qui constituent une source de matière première facile d'accès.

CONCLUSION

La fouille et l'étude du four à chaux FR 1430 de Saint-Martin-le-Bas à Gruissan ont fourni un éclairage unique sur la chauxfournerie languedocienne des XI^e-XIII^e siècles. Il faut

à nouveau souligner que l'état de conservation du four, comparable à des fours observés actuellement lors d'enquêtes ethnoarchéologiques¹¹⁰, est exceptionnel pour une structure de ce type. La rareté d'un tel éclairage est manifeste eu égard au petit nombre de structures analogues qu'il a été donné de mettre au jour dans l'ensemble de la Méditerranée pour la même période. La mobilisation d'un large éventail d'approches et d'analyses (anthracologie, modélisation chronologique bayésienne, diffraction des rayons X, analyse des données textuelles, etc.) a permis d'explorer en profondeur tous les aspects du travail des chauxfourniers, depuis les étapes d'acquisition des matières premières jusqu'au défournement. Une telle démarche pluridisciplinaire trouve quelques exemples de comparaison pour des sites modernes italiens¹¹¹, mais reste très rare pour des sites médiévaux. Grâce à cette approche, il devient plus aisé de caractériser une installation de chauxfourniers du pays narbonnais des XI^e-XIII^e siècles, et de comprendre comment cette activité s'insère dans l'économie et la société de cette région. Il est également possible de dépasser le simple cadre théorique des classifications techniques et des schémas opératoires proposés habituellement, pour se concentrer sur le choix des gestes et des stratégies d'exploitation en fonction d'un contexte dont les particularités proviennent des cadres naturels, socio-économiques, voire politiques.

Les investigations réalisées sur le four FR 1430 démontrent toute la complexité du travail des chauxfourniers du Moyen Âge central et le degré de technicité de leur savoir-faire. Si cette production repose uniquement sur des ressources récoltées dans un espace très probablement confiné à l'île Saint-Martin, et sur un savoir-faire présent anciennement en Languedoc, il n'en demeure pas moins que les artisans ont fait preuve d'une grande adaptabilité. Les contraintes matérielles auxquelles ils ont été confrontés sont inhabituelles. Ainsi, le choix délibéré des moellons plats, qui nécessite la mise en œuvre d'une technique originale de chargement, montre leur connaissance du produit qui allait en procéder après cuisson. L'idée de spoliation opportuniste par des « brûleurs de marbre », qui circule encore trop souvent dans la littérature archéologique, est à proscrire, au profit d'un établissement artisanal dont le fonctionnement s'appuie sur un savoir-faire élaboré. Par ailleurs, les caractéristiques intrinsèques de la végétation littorale méditerranéenne (forme buissonnante, régénération lente) ne les ont pas empêchés de récolter le combustible nécessaire aux cuissons, qu'ils ont su adapter pour répondre aux nécessités de la forme d'énergie thermique qu'ils souhaitent mettre en œuvre. Les chaînes opératoires apparaissent donc tout à fait maîtrisées, et ce, malgré l'accident de la fin de la dernière cuisson qui a conduit à la conservation d'une partie de la charge. L'efficacité des savoir-faire et des gestes utilisés à Gruissan témoignent, à n'en pas douter, de l'existence d'artisans spécialistes en Narbonnais à cette époque, sur lesquels les élites locales et régionales s'appuient pour réaliser les projets de construction indispensables au contrôle des territoires qu'elles détiennent. Cette relation entre pouvoirs locaux et artisans est au cœur d'une dynamique technique, sociale et économique qui voit, d'une part, la chauxfournerie se développer et s'améliorer grâce à la demande toujours

107. VASCHALDE 2018, p. 200-204.

108. Id. à paraître.

109. BERNARDI 2008.

110. VASCHALDE *et al.* 2015.

111. VECCHIATINI 1997 et 2009 ; PITTALUGA *et al.* 2013.

croissante en chaux afin de répondre aux nouveaux modes de construction des édifices monumentaux des XI^e-XIII^e siècles, et d'autre part, les élites puiser dans un réservoir local de savoir-faire afin de satisfaire leurs projets. De ce fait, l'organisation de la production de chaux en pays narbonnais est très comparable à ce qui est connu dans d'autres régions de Méditerranée occidentale. En Italie centrale par exemple, l'abbaye de Farfa s'appuie sur un réseau d'installations de chaufourniers distantes jusqu'à une quinzaine de kilomètres pour assurer les fournitures en chaux du chantier de la *Chiesa nuova* à la toute fin du XI^e siècle¹¹². Toutefois, dans cette région, la tradition d'utilisation de la chaux est restée vivace tout au long du haut Moyen Âge¹¹³, contrairement au Languedoc. Malgré la rétraction très marquée de l'usage de la chaux jusqu'aux alentours de l'an Mil, la chaufournerie du Midi reprend donc suffisamment de vigueur aux XI^e-XIII^e siècles pour être parfaitement intégrée aux projets des élites.

Plusieurs pistes de recherche se dessinent, portant à la fois sur le cas de Gruissan et sur la chaufournerie médiévale en Méditerranée. S'il paraît clair que l'installation des chaufour-

niers de Saint-Martin-le-Bas s'inscrit dans un système d'exploitation et de mise en valeur du littoral narbonnais orchestré par les archevêques de Narbonne ou, à tout le moins, par les élites locales, la question du statut du site sur lequel s'installe le four est encore à éclaircir. S'agit-il d'une occupation opportuniste ou, au contraire, d'un établissement pérenne dont la vocation pourrait être centrée sur l'exploitation des ressources et le contrôle du littoral? De nouveaux éclairages pourront être apportés grâce à la fouille exhaustive des niveaux médiévaux bien conservés dans la partie méridionale du site. Par ailleurs, le cas du four FR 1430 démontre que l'archéologie de la chaufournerie, et plus largement de l'artisanat, est indissociable d'une démarche pluridisciplinaire qui implique la maîtrise de l'analyse des sources textuelles tout comme celle des approches archéométriques et ethnoarchéologiques. L'éclairage portant sur l'articulation entre production artisanale et évolution des systèmes socio-politiques et économiques dans le Midi médiéval s'en trouve éminemment renforcé. Les questions qui demeurent, à propos des chaînes opératoires liées aux autres techniques de cuisson attestées au Moyen Âge, des possibilités de transport de la chaux ou encore de la transformation des boisements liée à l'activité des chaufourniers, ne pourront être résolues que de cette manière.

112. BOUGARD *et al.* 1987.

113. SAGUI 1986; BOUGARD et HUBERT 1987.

SOURCES ET BIBLIOGRAPHIE

SOURCES IMPRIMÉES

CLAUDE DE VIC, JOSEPH VAISSETTE, 1872-1889, *Histoire générale du Languedoc*, DULAURIER E. (éd.), Toulouse, Privat, 16 vol.

BIBLIOGRAPHIE

ADAM, J.-P. 2005, *La construction romaine. Matériaux et techniques*, 2^e éd., Paris, Picard.

ÁLVARÈZ B. 2007, « Memòria de la intervenció arqueològica a Sant Pau de Riu Sec Sabadell. Vallès Occidental », *Manresa* (inédit, SAGC).

BERNARDI P. 2008, « Le bâti ancien comme source de profits. Une facette du rapport entre architecture et économie », dans BERNARD J.-F., BERNARDI P., ESPOSITO D. (dir.), *Il reimpiego in architettura. Recupero, trasformazione, uso*, Rome, EFR, collection de l'École française de Rome, n° 418, p. 503-516.

BESSAC J.-C. 1986, « Carrières antiques du bois des Lens (Gard). Inventaire préliminaire », *Revue*

archéologique de Narbonnaise, n° 19, p. 159-182.

BIGOT F. et VASCHALDE C. 2017-2018, « Le four 12005 de l'atelier de potier d'Espéran (Saint-Gilles-du-Gard) : un témoin du développement économique de la basse vallée du Rhône durant la période augustéenne précoce », dans MAUNÉ S., BIGOT F., CORBEEL S. (dir.) *Recherches récentes sur les ateliers de production et les amphores vinaires de Gaule Narbonnaise et de Tarraconnaise*, Actes de la Table ronde d'Aspiran, 24-25 mars 2016, *Revue archéologique de Narbonnaise*, n° 50-51, p. 115-141.

BISCAYE P. E. 1965, « Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep-Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans », *Geological Society of America Bulletin*, n° 76, p. 803-832.

BONIFAY M. 2004, *Études sur la céramique romaine tardive d'Afrique*, Oxford, ArchaeoPress, collection BAR International Series, n° 1301.

BONIFAY M., CARRE M.-B. et RIGOI Y. (dir.) 1998, *Fouilles à Marseille. Les mobiliers (I^{er}-VII^e siècles ap. J.-C.)*, dans *Études massaliètes*, n° 5, Paris, Errance.

BOUGARD F. et HUBERT É. 1987, « *Nivibus concolor, spongiis levior*. La fabrication de la chaux en Italie centrale au Moyen Âge », dans *Liber Amicorum, Études historiques offertes à Pierre Bougard*, Arras, Commission départementale d'histoire et d'archéologie du Pas-de-Calais, n° XXV, et *Revue du Nord*, hors-série n° 3, p. 57-64.

BOUGARD F., HUBERT É. et NOYE G. 1987, « Les techniques de construction en Sabine : enquête préliminaire sur la *chiesa nuova* de l'abbaye de Farfa », dans *Mélanges de l'École française de Rome. Moyen Âge, Temps modernes*, t. 99-2, p. 729-764.

BOURIN-DERRUAU M. 1987a, *Villages médiévaux en Bas-Languedoc : genèse d'une sociabilité*, Paris, L'Harmattan. 1987b, « Le paysage bâti dans les campagnes bas-languedociennes : le temps de nos incertitudes », dans BARRAL I ALTET X. (dir.), *Le paysage monumental de la France autour de l'an Mil*, Actes du colloque

- international CNRS « Hugues Capet 987-1987. La France de l'an Mil », Paris et Senlis, 22-25 juin, Auxerre, 26-27 juin, Metz, 11-12 septembre, Paris, Picard, p. 409-414.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N. et NÈGRE R.
1952, *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*, Paris, Éditions du CNRS.
- BREICHNER H., CHABAL L., LÉCUYER N. et SCHNEIDER L.
2002, « Artisanat potier et exploitation du bois dans les chênaies du nord de Montpellier au XIII^e siècle (Hérault, Argelliers, Mas-Viel) », *Archéologie du Midi médiéval*, t. 20, p. 57-106.
- BROCHIER J.-E. et LIVACHE, M.
2003, *Abri de la Fanfarline (Orgon, Bouches-du-Rhône). Campagne de fouille d'août-septembre 2003*, rapport de fouille, déposé à la Drac Paca (SRA).
- BRUN J.-P. et BORRÉANI M.
1999, *Carte archéologique de la Gaule. Le Var 83/1*, Paris, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.
- BURRI S., DURAND A., PY V. et VASCHALDE C.
2013, « Les outils pour acquérir la matière ligneuse dans les chaînes opératoires techniques des artisanats forestiers en Provence et Haut-Dauphiné au Moyen Âge », dans ANDERSON P. C., CHEVAL C. et DURAND A. (dir.), *Regards croisés sur les outils liés au travail des végétaux / An Interdisciplinary Focus on Plant-Working Tools*, Actes des XXXIII^e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 23-25 octobre 2015, Antibes, APDCA, p. 397-414.
- CAILLE J.
1995, « L'élan urbain en Languedoc du XI^e au XIV^e siècle. L'exemple de Narbonne et de Montpellier », *Archéologie du Midi médiéval*, t. 13, p. 79-90.
1998, « Urban Expansion in the Region of Languedoc from the Eleventh to the Fourteenth Century: the Examples of Narbonne and Montpellier », dans REYERSON K., DRENDEL J. V. (dir.), *Urban and Rural Communities in Medieval France: Provence and Languedoc, 1000-1500*, Leyde-Boston-Cologne, Brill, collection *The Medieval Mediterranean*, vol. 18, p. 51-72.
2005, *Medieval Narbonne. A City at the Heart of the Troubadour World*, Burlington, Ashgate.
- CANUT V. et DA COSTA C.
2015, *Montredon-des-Corbières, ZAC de Montredon (Phase 1), Pôle Santé*, rapport de fouille préventive, déposé à la Drac Occitanie (SRA).
- CANUT V., JORDA C., MARTIN S. et RASCALOU P. (dir.).
2016, *Névian, ZAC Pôle Santé (Phase 2)*, rapport de diagnostic archéologique, déposé à la Drac Occitanie (SRA).
- CARBONEL P.
1956, *Histoire de Narbonne des origines à l'époque contemporaine*, t. 1, *Des origines à la veille de la Révolution*, Narbonne, P. Caillaud.
- CARDON D et PINTO A.
2007, « Le redoul, herbe des tanneurs et des teinturiers. Collecte, commercialisation et utilisations d'une plante sauvage dans l'espace méridional (XIII^e-XV^e siècles) », dans BERNARDI P. et BOISSEUIL D. (dir.), *La nature en partage, Médiévales*, n° 53, p. 51-64.
- CARMONA AVILA R. et LUNA OSUNA D.
2007, « Priego romano: el horno de cal y la necrópolis de c/ Ramón y Cajal, n° 39. Informe de la Actividad Arqueológica Urgente realizada en 2007 », *Antiquitas*, n° 18-19, p. 43-80.
- CATAFAU A.
1998, *Les celleres et la naissance du village en Roussillon (X^e-XV^e siècles)*, Perpignan, Trabucaire-Presses universitaires de Perpignan.
- CATHMA
1993, « Céramiques languedociennes du haut Moyen Âge (VII^e-XI^e siècles). Études micro-régionales et essai de synthèse », *Archéologie du Midi médiéval*, t. 11, p. 111-228.
- CHABAL L.
1997, *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive). L'anthracologie, méthode et paléoécologie*, Paris, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, collection Documents d'archéologie française, n° 63.
2001, « Les Potiers, le bois et la forêt à Sallèles d'Aude (I^{er}-III^e siècles ap. J.-C.) », dans LAUBENHEIMER F. (dir.), *20 ans de recherches à Sallèles d'Aude : le Monde des potiers gallo-romains*, Actes du colloque de Sallèles d'Aude, 27-28 septembre 1996, Besançon, Presses universitaires Franc-Comtoises, collection Institut des Sciences et Techniques de l'Antiquité, Série Amphores, p. 93-110.
- CHABAL L., TERRAL J.-F. et THÉRY-PARISOT I.
1999, « L'anthracologie », dans BOURQUIN-MIGNOT C., BROCHIER J.-E., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F. et THÉRY-PARISOT I. (dir.), *La botanique*, Paris, Errance, collection *Archéologiques*, p. 43-105.
- CHABAL L., FIGUEIRAL I. et PELLECUER C.
2017, « Pratiques de chauffage et bois de feu dans la villa des Prés-Bas à Loupian (Hérault, France), du I^{er} au V^e siècle après J.-C. », *Studies on the Rural World in the Roman Period*, n° 10, p. 81-97.
- CHABAL L., FIGUEIRAL I., PELLECUER C. et BERMOND I.
2012, « Evidence of Paleogeographic Constraints on Woodlands on the Shores of a Coastal Lagoon during Antiquity: Charcoal Analysis of the Prés-Bas Villa and Le Bourbou (Loupian, Hérault) », dans BADAL E., CARRION Y., MACIAS M. et NTINOU M. (dir.), *Wood and charcoal. Evidence for Human and Natural History*, dans SAGVNTVM, *Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, vol. 13, p. 115-124.
- CHAUSSERIE-LAPRÉE J.
2000, « La romanisation », dans BIAGGI V. (dir.), *Martigues, le temps retrouvé*, Barbentane, Équinoxe, p. 33-36.
- CHOLVY G.
1984, *Histoire de Montpellier*, Toulouse, Privat.
- COBOS M., PERRIN M. et DUPERRON, G.
À paraître, « Réouvertures de sépultures et pillages : l'exemple de la nécropole tardo-antique de Gruissan Saint-Martin (Aude) », dans *Ritualiser, gérer, piller : réouvertures de tombes et manipulation des ossements*, Actes de la 9^e Rencontre du groupe d'anthropologie et d'archéologie funéraire, Poitiers, 10-12 mai 2017.
- COMMANDRÉ I.
2014, *L'artisanat du verre en Bas-Languedoc du XVI^e au XVIII^e siècle*, Thèse de doctorat en archéologie, soutenue à l'université d'Aix-Marseille, sous la direction de Danièle Foy.
- CONSTANT A.
2005, *Du castrum à la seigneurie : pouvoirs et occupation du sol dans le massif des Albères et ses marges (III^e-XII^e siècles)*, Thèse de doctorat en histoire, soutenue à l'université de Toulouse-le Mirail, sous la direction de Benoît Cursente.

- COUTELAS A.
2003, *Pétraarchéologie du mortier de chaux gallo-romain. Essai de reconstitution et d'interprétation des chaînes opératoires : du matériau au métier antique*, Thèse de doctorat en art et archéologie, soutenue à l'université Paris I-Panthéon-Sorbonne, sous la direction de Sander Ernst Van der Leeuw.
- COUTELAS A. (dir.)
2009, *Le mortier de chaux*, Paris, Errance.
- DEMAREZ J.-D. (dir.)
2014, *La production de chaux en Ajoie (Jura, Suisse) de l'époque romaine au XIX^e siècle*, Porrentruy, Office de la Culture-Société jurassienne d'Émulation, collection Cahiers d'archéologie jurassienne, n° 34.
- DÉMIANS D'ARCHIMBAUD G.
1973 « L'habitation rurale en Provence médiévale : techniques de construction et d'aménagement d'après les fouilles récentes », dans *La construction au Moyen Âge : histoire et archéologie*. Actes du congrès de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public, Besançon, 2-4 juin 1972, Paris, Les Belles Lettres, collection Annales littéraires de l'université de Besançon, n° 145, p. 59-122.
1980, *Les fouilles de Rougiers. Contribution à l'archéologie de l'habitat rural médiéval en pays méditerranéen*, Paris, Éditions du CNRS.
- DESOMBES-HANRY A.
2007, « Les fours à chaux à Nespouls (Corrèze) », *Aquitania*, t. 23, p. 207-231.
- DEVILLERS B.
1999, *Les formations sédimentaires et les indicateurs climato-anthropiques dans l'anse des Laurons*, Mémoire de maîtrise de Géographie, Université de Provence, sous la direction de Mireille Provansal.
- DIX B.
1982, « The Manufacture of Lime and its Uses in the Western Roman Provinces », *Oxford Journal of Archaeology*, vol. 1-3, p. 331-345.
- DUPERRON G.
2013, « Le mobilier céramique tardo-antique (V^e et VI^e siècles) de l'oppidum de Constantine (Lançon-Provence, Bouches-du-Rhône) », dans MAUNÉ S. et DUPERRON G. (dir.), *Du Rhône aux Pyrénées. Aspects de la Vie Matérielle en Gaule Narbonnaise II*, *Archéologie et Histoire Romaine*, n° 25, Montagnac, Mergoïl, p. 241-375.
- DUPERRON G.
À paraître, « Un établissement littoral de la région de Narbonne à l'époque mérovingienne : Saint-Martin-le-Bas à Gruissan (Aude) », dans HERNANDEZ J., SCHNEIDER L. et SOULAT J. (dir.), *L'habitat rural du haut Moyen Âge en France (V^e-XI^e siècles) : dynamiques du peuplement, formes, fonctions et statuts des établissements*, Actes des XXXVI^e Journées internationales d'archéologie mérovingienne, Lattes-Montpellier, 1-3 octobre 2015.
- DUPERRON G. et MAUNÉ S.
2016, « L'établissement littoral de Saint-Martin-le-Bas à Gruissan (Aude) : contribution à la connaissance du système portuaire de Narbonne », dans SANCHEZ C. et JÉZÉGOU M.-P. (dir.), *Les ports dans l'espace méditerranéen antique. Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires*, Actes du colloque de Montpellier, 22-23 mai 2014, 44^e supplément de la *Revue archéologique de Narbonnaise*, p. 43-57.
- DUPERRON G., BIGOT F. et SCRINZI M.
2014, « Gruissan (Aude) : Saint-Martin-le-Bas », dans RAYNAUD C. (dir.), *Le « fond de cabane » du Haut Moyen Âge méridional : regards croisés nord-sud*, dans *Archéologie du Midi médiéval*, t. 32, p. 35-39.
- DUPERRON G., VASCHALDE C., MUREAU C., BIGOT F., SCRINZI M., PIQUÈS G., FOREST V., ROS J., DONIGA A., BARDOT-CAMBOT A. et CHARDONNEAU-HENNEUSSE J.
À paraître, « Un dépotoir domestique du Moyen Âge central (XI^e-XII^e siècles) dans l'établissement de Saint-Martin-le-Bas à Gruissan (Aude). Éclairage pluridisciplinaire des pratiques de consommation et d'exploitation des ressources sur le littoral narbonnais », *Archéologie du Midi médiéval*.
- DURAND A.
1998, *Les paysages médiévaux du Languedoc (X^e-XII^e siècles)*, Toulouse, Presses universitaires du Mirail.
- ERAMO G. et MAGGETTI M.
2013, « Pottery Kiln and Drying Oven from Aventicum (2nd Century AD, Ct. Vaud, Switzerland): Raw Materials and Temperature Distribution », *Applied Clay Science*, vol. 82, p. 16-23.
- FERDIÈRE A. (dir.)
1999, *La géologie, les sciences de la terre*, Paris, Errance, collection Archéologiques.
- FIXOT M.
1994, « L'église médiévale dans l'espace rural provençal d'après des fouilles récentes », dans FIXOT M. et ZADORA-RIO E. (dir.), *L'environnement des églises et la topographie religieuse des campagnes médiévales*. Actes du 3^e congrès international d'archéologie médiévale, Aix-en-Provence, 28-30 septembre 1989, Caen, Société d'Archéologie médiévale, p. 36-48.
- FRIZOT M.
1975, *Mortiers et enduits peints antiques, étude technique et archéologique*, Dijon, Université de Dijon, collection Centre de recherches sur les techniques gréco-romaines, n° 4.
- FULFORD M. G. et PEACOCK D. P. S.
1984, *Excavations at Carthage: The British Mission, Vol. I, 2, The Avenue du Président Habib Bourguiba, Salambo: The Pottery and Other Ceramic Objects from the Site*, Sheffield, University of Sheffield.
- GALLET Y., GENEVE A. et LE GOFF M.
2002, « Three Millennia of Directional Variation of the Earth's Magnetic Field in Western Europe as Revealed by Archaeological Artefacts », *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 131-1, p. 81-89.
- GAUSSEN H., CABAUSSEL G., DUPIAS G. et MESTRE L.
1964, *Carte de la végétation de la France n° 72, Carcassonne*, Paris, CNRS.
- GERBER C., PORTMANN M. et KÜNDIG C.
2002, *Fours à chaux, four à fer et charbonnières dans le Jura bernois. Vestiges archéologiques médiévaux et modernes découverts entre Moutier et Roches sur le tracé de l'autoroute A 16, 1995-1997*, Berne, Paul Haupt.
- GILKS W. R., RICHARDSON S. et SPIEGELHALTER D. J.
1996, *Markov Chain Monte Carlo in Practice*, Londres, Chapman and Hall, collection Interdisciplinary Statistics.
- GOURON A.
1977, « Histoire et domaine public maritime : l'île de Sainte-Lucie », *Annales du Midi*, t. 89, n° 131, p. 93-101.
- GUILLAUME M. et DURAND C.
2007, *ZAC de la Plaine à Montredon-des-Corbières (Aude)*, rapport de diagnostic archéologique, déposé à l'Inrap.

- IOANNOU I., PHILOKYPROU M., PAPADOURIS G. et KYRIAKOU K.
2007, « Reproduction of Hydraulic Lime Mortars based on the Traditional Production Technology of Ancient Mortars from Cyprus », dans *Rendre compatible les techniques traditionnelles et les modernes, RehabiMed*, Actes de la 1^{ère} Conférence régionale Euro-méditerranéenne « Architecture traditionnelle méditerranéenne, Présent et futur », Barcelone, 12-15 juillet 2007, Barcelone, p. 552-555.
- JACOB J.-P.
1981, *Le monde des potiers gallo-romains. Esquisse d'une problématique sociale, économique et juridique*, Thèse de doctorat d'État, Université de Dijon, sous la direction de Jean Bart.
- JACQUIOT C.
1955, *Atlas d'anatomie des bois des Conifères*, Paris, Centre technique du bois.
- JACQUIOT C., TRENARD Y. et DIROL D.
1973, *Atlas d'anatomie des bois des Angiospermes : essences feuillues*, Paris, Centre technique du bois.
- JALABERT M.-L.
2009, *Le Livre vert de Pierre de La Jugie. Une image de la fortune des archevêques de Narbonne au XIV^e siècle : étude d'une seigneurie*, Perpignan, Presses universitaires de Perpignan.
- KERSUZAN A.
2003, « La fabrication de la chaux et du mortier dans les châteaux savoyards de Bresse et de Bugey au début du XIV^e siècle », *Pages d'archéologie médiévale en Rhône-Alpes*, n° V-VI, p. 29-35.
- LARGUIER G.
1999, *Le drap et le grain en Languedoc. Narbonne et Narbonnais, 1300-1789*, Perpignan, Presses universitaires de Perpignan.
- LANOS P. et DUFRESNE P.
2012, « Modélisation statistique bayésienne des données chronologiques », dans DE BEAUNE S., FRANCFORT H.-P. (dir.), *L'archéologie à découvert*, Paris, CNRS Éditions, p. 238-248.
- LANOS P. et PHILIPPE A.
2017, « Hierarchical Bayesian Modeling for Combining Dates in Archaeological Context », *Journal de la Société française de statistique*, vol. 158-2, p. 72-88.
- LE BRAZIDEC M.-L. et DUPERRON G.
2017, « Les monnaies des fouilles récentes de l'établissement littoral de Saint-Martin à Gruissan (Aude) », dans BOURGEOIS A. (dir.), *Journées numismatiques 60*, Actes de 60^e journées numismatiques, Perpignan, 2-4 juin 2017, dans *Bulletin de la Société Française de Numismatique*, n° 72-6, p. 212-219.
- LEROY S.
2010, *Circulation au Moyen Âge des matériaux ferreux issus des Pyrénées ariégeoises et de la Lombardie. Apport du couplage des analyses en éléments traces et multivariées*, Thèse de doctorat en sciences de l'ingénieur, Université Technologie Belfort-Montbéliard, sous la direction de Philippe Dillmann.
- MAGNOU-NORTIER E.
1974, *La société laïque et l'église dans la province ecclésiastique de Narbonne. Zone cispyrénéenne, de la fin du VIII^e à la fin du XI^e siècle*, Toulouse, Université de Toulouse-Le Mirail.
- MANTENANT J.
2014, *Montagnes métallifères de Gaule méditerranéenne. Approche archéologique et historique de la production des métaux en Languedoc occidental du début du second âge du fer à la fin de la période romaine (IV^e siècle av. n. è. - V^e siècle de n. è.)*, Thèse de doctorat en sciences de l'Antiquité, Université de Toulouse, sous la direction de Laurent Bricault et Marguerite Munoz.
- MARTIN F. et VASCHALDE C.
2016, « Des vestiges du chantier de construction de la tour ? Le four à chaux et l'aire de gâchage », dans MARTIN F. (dir.), *Narbonne (11), Saint-Hippolyte, lotissement l'Amphithéâtre*, rapport final d'opération archéologique, déposé à la Drac Occitanie (SRA), p. 254-260.
- MEES F., CASTAÑEDA C., HERRERO J. et VAN RANST E.
2011, « Bloedite Sedimentation in a Seasonally Dry Saline Lake (Salada Mediana, Spain) », *Sedimentary Geology*, t. 238, n° 1-2, p. 106-115.
- MICHAUD J. et CABANIS A.
2004, *Histoire de Narbonne*, Toulouse, Privat.
- MOROPOULOU A., BAKOLAS B. et BISBIKOU K.
1995, « Characterization of Ancient, Byzantine and Later Historic Mortars by Thermal and X-ray Diffraction Techniques », *Recent Advances in Thermal Analysis and Calorimetry*, dans *Thermochimica Acta*, vol. 269-270, p. 779-795.
- 2000, « Investigation of the Technology of Historic Mortars », *Journal of Cultural Heritage*, vol. 1-1, p. 45-58.
- MORTAGNE B. et BARAT Y.
1991, « Guerville : un four à chaux antique », *Archéologie historique en Île-de-France*, Actes des journées d'Enghien-les-Bains, 18-19 mai 1990, dans *Archéologie en Val d'Oise*, n° 2, p. 33-36.
- MOTTE S., BLAIZOT F., BONNET C., CÉCILLON C., ORENGO L., PLANTEVIN C. et VAIREAUX F.
2009, « Contribution à la topographie antique de Lugdunum : la porte monumentale et l'espace funéraire du site de la montée de la Butte », *Revue archéologique de l'Est*, t. 58, p. 325-380.
- MOUTON D.
2008, *Mottes castrales en Provence : les origines de la fortification privée au Moyen Âge*, Paris, Maison des sciences de l'homme, collection Documents d'archéologie française, n° 102.
- 2015, *La Moutte d'Allemagne-en-Provence. Un castrum précoce du Moyen Âge provençal*, Aix-en-Provence, CCJ, Paris, Errance, collection Bibliothèque d'Archéologie méditerranéenne et africaine, n° 19.
- MOUYNÈS G.
1877, *Inventaire des archives communales antérieures à 1790 : ville de Narbonne*, série AA, vol. 2, Narbonne, E. Caillard.
- NAVRÁTILOVÁ E. et ROVNAŇKOVÁ P.
2016, « Pozzolan Properties of Brick Powders and their Effect on the Properties of Modified Limo Mortars », *Construction and Building Materials*, vol. 120, p. 530-539.
- OZENDA P.
1975, « Sur les étages de végétations dans les montagnes du bassin méditerranéen », *Documents de cartographie écologique*, vol. XVI, p. 1-32.
- PAGÈS G.
2010, *Artisanat et économie du fer en France méditerranéenne de l'Antiquité au début du Moyen Âge : une approche interdisciplinaire*, Montagnac, Mergoïl, collection *Monographies Instrumentum*, n° 37.
- PALAZZO-BERTHELON B.
2000, « Archéologie et archéométrie des mortiers et des enduits médiévaux. Étude critique de la bibliographie », *Archéologie médiévale* n° 29, p. 191-216.

- PERNON J. et PERNON C.
1990, *Les potiers de Portout. Productions, activités et cadre de vie d'un atelier au V^e siècle après J.-C en Savoie*, Paris, Éditions du CNRS, 20^e supplément de la *Revue archéologique de Narbonnaise*.
- PESEZ J.-M.
1985, «La renaissance de la construction en pierre après l'an Mil», dans CHAPELOT O., BENOÎT P. (dir.), *Pierre et métal dans le bâtiment au Moyen Âge*, Paris, éditions de l'EHESP, p. 197-207.
- PETRELLA G.
2007, «La produzione della calce: stato degli studi e proposta di scheda di informatizzazione dei dati di un forno da calce», *Archeologia postmedievale*, n° 11, p. 151-172.
2008, «De calcariis faciendis. Una proposta metodologica allo scavo di una fornace da calce e al riconoscimento degli indicatori di produzione», *Archeologia dell'Architettura*, XIII^e supplément de *Archeologia medievale*, p. 29-44.
- PITTALUGA D., NANNI L. et CALCAGNO A.
2013, «La fornace Bianchi in Cogoletto (GE) : un impianto ottocentesco in un paese che, dall'epoca médiévale, ha produit ed exporté calce», *Archeologia postmedievale*, n° 17, p. 135-144.
- PY V.
2001, *Les potiers et la forêt de Cabrera d'Anoia (Catalogne) XI^e-XIV^e siècles. Anthracologie, ethnobotanique et paléocologie; archéologie et artisanat*, Mémoire de maîtrise dactylographié, Université de Provence, sous la direction d'Aline Durand.
- QUÉZEL P. et MÉDAIL F.
2003, *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*, Paris, Elsevier.
- REIMER P. J., BARD E., BAYLISS A. et al.
2013, «IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 years cal BP», *Radiocarbon*, vol. 55-4, p. 1869-1887.
- RIVAS-MARTINEZ S.
1975, «La vegetación de la clase *Quercetea ilicis* en España y Portugal», *Anales del Instituto Botánico A. J. Cavanilles*, vol. 31-2, p. 205-259.
- SAGUI L.
1986, «Crypta Balbi (Roma): lo scavo nell'edera del monumento romano. Seconda relazione preliminare», *Archeologia medievale*, vol. XIII, p. 345-354.
- SANCHEZ C.
2009, *Narbonne à l'époque tardo-républicaine. Chronologies, commerce et artisanat céramique*, 38^e supplément de la *Revue Archéologique de Narbonnaise*, Montpellier-Lattes, Édition de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise.
- SANCHEZ C., DELLONG E., GUERRE J., LOPPE F. et MOULIS D.
2000, «Un établissement littoral antique, l'île Saint-Martin à Gruissan (Aude)», *Revue archéologique de Narbonnaise*, n° 33, p. 309-349.
- SANCHEZ C., CARAYON N., DUPERRON G. et MAUNÉ S.
2015, «Les ports de Narbonne antique», *Revue archéologique*, n° 59, p. 137-145.
- SARTORIO G., SERGI A. et CORTELAZZO M.
2010, «Il cantiere duecentesco di Châtel-Argent a Villeneuve: una fornace per un castello», *Bollettino della Soprintendenza per i Beni Culturali*, vol. 6, p. 92-111.
- SERDON V.
2007, «Le château de Gruissan (Aude) : observations archéologiques», *Archéologie du Midi médiéval*, t. 25, p. 73-84.
- SCHNEIDER L.
2007, «Structures du peuplement et formes de l'habitat dans les campagnes du sud-est de la France de l'Antiquité au Moyen Âge (IV^e-VIII^e siècles) : essai de synthèse», *Gallia*, t. 64, p. 11-56.
- SCHULTZ L. G.
1964, *Quantitative Interpretation of Mineralogical Composition X-ray and Chemical Data for the Pierre Shale*, U.S. Geological Survey Professional Paper, vol. 391-C.
- SCHWEINGRUBER F. H.
1990, *Anatomie europäischer Hölzer. Anatomy of European woods*, Berne, Paul Haupt.
- SÖLTER W.
1970, *Römische kalkbrenner im Rheinland*, Düsseldorf, Rheinland-Verlag.
- SUMÉRA F. et VEYRAT É.
1997, «Les fours à chaux gallo-romains de "Brétinoust", commune de Sivry-Courtry (Seine-et-Marne)», *Revue archéologique du Centre de la France*, t. 36, p. 99-130.
- TANKERSLEY K. B., DUNNING N. P., THRESS J., OWEN L. A., HUFF W. D., FLADD S. G., BISHOP K. J., PLOG S., WATSON A. S., CARR C. et SCARBOROUGH V. L.
2016, «Evaluating Soil Salinity and Water Management in Chaco Canyon, New Mexico», *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 9, p. 94-104.
- THELLIER E.
1981, «Sur la direction du champ magnétique terrestre en France durant les deux derniers millénaires», *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 24, fasc. 2-3, p. 89-132.
- THIRIOT J.
2005, «Les fours à chaux à deux foyers superposés du XIII^e siècle de Saint-Blaise-de-Bauzon à Bollène (Vaucluse) : une autre façon de cuire la pierre», *Archéologie du Midi médiéval*, t. 23-24, p. 247-253.
- USCHMANN K.-U.
2006, *Kalkbrennöfen der Eisen- und römischen Kaiserzeit zwischen Weser und Weichsel* dans *Berliner Archäologische Forschungen* vol. 3.
- VASCHALDE C.
2013, *L'art de cuire la pierre en France méditerranéenne à la fin du Moyen Âge. Approche interdisciplinaire d'un artisanat méconnu : la chauxfournerie*, Thèse de doctorat en archéologie, Université d'Aix-Marseille, sous la direction d'Aline Durand et Jacques Thiriot.
2018, *Fours à chaux et chauxfourniers en France méditerranéenne au Moyen Âge et à l'époque moderne. Approche interdisciplinaire autour des techniques, des savoir-faire et des artisans*, Drémil-Lafage, Mergoïl, collection Europe Médiévale, n° 14.
- VASCHALDE C.
À paraître, «Circulation, transport et commerce de la chaux en Provence au travers des sources écrites (XIII^e-XVIII^e siècles)», dans BOISSEUIL D. et RICO C. (dir.), *Le marché des matières premières dans l'Antiquité et au Moyen Âge*, Actes des tables rondes de Rome, Madrid et Venise, 2013-2015, Rome, EFR.
- VASCHALDE C. et CHABAL L.
À paraître, «Production du combustible pour l'atelier de potiers de Contours (Saint-Pargoire, Hérault) au cours du Haut-Empire d'après l'anthracologie et la dendrométrie : exploitation par rotation des taillis de chênes méditerranéens», dans MAUNÉ S. (dir.), *L'atelier de potier de Contours à Saint-Pargoire (Hérault)*, Drémil-Lafage, Mergoïl.

- VASCHALDE C., DURAND A., FIGUEIRAL I. et THIRIOT J.
 2013, «Charcoal Analysis of Lime Kiln Remains in Southern France: an Original Process of Medieval and Modern Traditional Lime Burning», dans DAMBLON F. et COURT-PICON M. (dir.), *Proceedings of the Fourth International Meeting of Anthracology*, Actes des IV^e Rencontres internationales de Bruxelles, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 8-13 septembre 2008, Oxford, Archaeopress, collection BAR International Series, n° 2486, p. 251-258.
- VASCHALDE C. (dir.), DUBOSQ S., LATOURNERIE J., MARINIER C., MONTÉCINOS A., TURREL-AUGENDRE K., LANOS P., DUFRESNES P., BROMBLET P., TORITI M., GARNIER L. et BOURGAUT R.
 2014, *Les Marouchs - Villeveyrac (Hérault). Un four à chaux et une installation de boulanger du haut Moyen Âge*, rapport final d'opération, déposé à la Drac Occitanie (SRA).
- VASCHALDE C., HERVÉ G., LANOS P., THIRIOT J., avec la coll. de GARNIER L., DUFRESNE P., ROPIOT V., CHAPON P. et MARTIN L.
 2014, «La datation des structures de cuisson : intégration de l'archéomagnétisme et du radiocarbone, apport de l'anthracologie», *Archéologie médiévale*, n° 44, p. 155-170.
- VASCHALDE C., THIRIOT J., RAMMEH M. et CHEHAIBI Z.
 2015, «Fours à chaux et chauffourniers et Méditerranée occidentale : ethnoarchéologie de l'art de cuire la pierre», dans JARRAY F. (dir.), *Métiers, savoir-faire et vie professionnelle dans le monde méditerranéen d'après les sources archéologiques*, Actes du II^e colloque international de l'Institut Supérieur des Métiers du Patrimoine de Tunisie, Tunis, 18-20 novembre 2010, Tunis, Institut Supérieur des Métiers du Patrimoine, p. 181-198.
- VASCHALDE C., BROMBLET P. et BÜTTNER S.
 2016, «Gamme de chaux dans les économies anciennes. Méthodes de prélèvement et d'identification des types de chaux dans les fours (DRX, MEB-EDS, pétrographie) (Antiquité, Moyen Âge, époque moderne)», *ArchéoSciences. Revue d'archéométrie*, n° 40, p. 119-135.
- VASCHALDE C. (dir.), LATOURNERIE J., GUIONOVA G. et VOLPE T.
 2016, *Fours à chaux et chauffourniers en Martinique. Prospection dans la partie Sud de l'île*, rapport de prospection thématique, déposé à la DAC Martinique (SRA).
- VECCHIATINI R.
 1997, «Unità produttive perfettamente organizzate: la calcinare di Sestri Ponente - Genova», *Archeologia dell'architettura II*, supplément d'*Archeologia medievale* vol. XXIV, p. 141-152.
- 2009, *La civiltà della calce. Storia, scienza e restauro*, Gênes, De Ferrari, collection *Athenaeum*.
- VERNET J.-L., OGHEREAU P., FIGUEIRAL I., MACHADO YANÈS C. et UZQUIANO P.
 2001, *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe : France, Péninsule Ibérique et îles Canaries*, Paris CNRS Éditions.