



HAL
open science

La poix utilisée pour l'étanchéité du bateau. L'apport de l'étude du contenu en pollen et en spores de champignons coprophiles des matériaux d'étanchéité du chaland d'Arles-Rhône 3

Valérie Andrieu-Ponel, Dahvya Belkacem, Philippe Ponel

► To cite this version:

Valérie Andrieu-Ponel, Dahvya Belkacem, Philippe Ponel. La poix utilisée pour l'étanchéité du bateau. L'apport de l'étude du contenu en pollen et en spores de champignons coprophiles des matériaux d'étanchéité du chaland d'Arles-Rhône 3. *Archaeonautica*, 2014, 18 (1), pp.130-136. 10.3406/nauti.2014.1319 . hal-03337435

HAL Id: hal-03337435

<https://amu.hal.science/hal-03337435>

Submitted on 8 Sep 2021

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

La poix utilisée pour l'étanchéité du bateau. L'apport de l'étude
du contenu en pollen et en spores de champignons coprophiles
des matériaux d'étanchéité du chaland d'*Arles-Rhône 3*

Valérie Andrieu-Ponel, Dahvya Belkacem, Philippe Ponel

Citer ce document / Cite this document :

Andrieu-Ponel Valérie, Belkacem Dahvya, Ponel Philippe. La poix utilisée pour l'étanchéité du bateau. L'apport de l'étude du contenu en pollen et en spores de champignons coprophiles des matériaux d'étanchéité du chaland d'*Arles-Rhône 3*. In: *Archaeonautica*, 18, 2014. *Arles-Rhône 3*. Un chaland gallo-romain du Ier siècle après Jésus-Christ. pp. 130-136;

doi : <https://doi.org/10.3406/nauti.2014.1319>

https://www.persee.fr/doc/nauti_0154-1854_2014_num_18_1_1319

Fichier pdf généré le 29/03/2019

du chaland correspondent vraisemblablement à la poix appliquée au moment de la construction du chaland (série 2) et à une poix de protection, en lien avec la zone de vie située à la poupe (série 1). L'isotopie du carbone nous ayant permis de déterminer que ces deux séries de poix provenaient très certainement d'une aire géographique unique, probablement méditerranéenne, la poix de la série 1, moins dégradée que celle de la série 2, pourrait avoir été produite au même moment que cette dernière et aurait été transportée à bord afin de palier rapidement une éventuelle avarie.

L'apport de l'étude du contenu en pollen et en spores de champignons coprophiles des matériaux d'étanchéité du chaland d'Arles-Rhône 3

Valérie ANDRIEU-PONEL, Dahvya BELKACEM, Philippe PONEL

Introduction

L'analyse du contenu pollinique des archives sédimentaires permet de reconstruire à grands traits l'histoire des anciennes végétations et des anciens climats d'un espace géographique donné et pour une période généralement bien datée, grâce à l'usage de radio-éléments dont le ^{14}C . Le pollen et les spores sont de merveilleux objets biologiques qui ont la capacité de résister au temps et aux processus de dégradation qui se mettent inmanquablement à l'œuvre dès les premiers temps de la sédimentation. L'ensemble de ces microrestes contribue, par la diversité de leur statut biologique (des arbres, des herbes, des fougères...), des biotopes qu'ils occupent, de leur fonctionnement spécifique et de leurs exigences climatiques parfois étroites, à mieux connaître la composition, l'organisation et le fonctionnement des écosystèmes du passé. L'interprétation paléoécologique des données biologiques repose sur le principe de l'actualisme, un postulat qui s'appuie sur l'idée que la forme et le fonctionnement biologique des êtres vivants n'ont pas changé au cours du dernier million d'années.

Lorsqu'elle est appliquée aux matériaux d'étanchéité, l'analyse pollinique permet d'obtenir des informations sur les anciens écosystèmes au sein desquels les poix ont été fabriquées et sur les lieux fréquentés par les bateaux (Andrieu-Ponel 2010, 2011, 2012; Argant 2010; Girard 1978; Weinstein-Evron, Chaim 2003; Bui Thi Mai, Girard 2006). Le message paléoécologique livré par les poix est plus difficile à interpréter que celui des archives naturelles car ces matériaux sont de fabrication artisanale et ils ont été manipulés et transportés par l'artisan qui les a élaborés. L'identification du pollen de plantes caractéristiques d'une région permet toutefois de savoir dans quelle aire biogéographique le bateau a été construit et réparé, et si les réparations ont été faites au même endroit ou dans des ports différents.

Échantillons traités et technique d'extraction du matériel sporo-pollinique

Sur les 25 échantillons traités, 15 seulement se sont révélés riches en pollen, spores et autres microrestes biologiques (fig. 21).

Les techniques utilisées pour extraire le pollen des matériaux d'étanchéité d'*Arles-Rhône 3* sont décrites en détail dans Andrieu-Ponel (2010). Sommairement, elles consistent à éliminer, à l'aide de solvants, les résines composant une grande partie de ces échantillons et à détruire le plus possible de cellulose (celle des fibres des tissus poissés) avec des bases (de la potasse par exemple) et un mélange oxydant (acétolyse). Les matières minérales, quand il y en a, sont dissoutes dans des acides. Le matériel sporo-pollinique est ensuite monté entre lame et lamelle, la lecture de la lame est effectuée à l'aide d'un microscope photonique et les taxons polliniques et non polliniques (les algues, les champignons, les microrestes animaux) sont identifiés à l'aide de la collection de référence pollinique de l'IMBE et des ouvrages et articles de Maurice Reille (1992, 1995, 1998), Bas van Geel (1978) et Carole Cugny *et al.* (2010).

Les résultats des analyses ont été réunis dans des diagrammes polliniques (fig. 131 à 135). Des catégories écologiques par écosystèmes ont été établies. La correspondance entre les noms scientifiques et les noms vernaculaires des taxons identifiés à *Arles-Rhône 3* apparaît dans le tableau de la figure 136.

Le résultat des analyses polliniques

Les 15 échantillons pollinifères ont révélé la présence de 132 taxons dont 38 arbres, 75 plantes herbacées, 4 fougères, 2 algues, 7 spores et microrestes de champignon, deux thèques de thécamoebiens (des amibes) et deux thèques de Dinoflagellés (des algues), 2 microrestes d'arthropodes (fragments d'yeux composés et de mandibules), et un microreste d'étamine de chêne pubescent.

La richesse taxonomique moyenne pour les 15 échantillons est de 41.3 taxons, et varie de 31 à 53 taxons dans 2 échantillons (respectivement #5 (2011) et #21 (2009)) provenant de l'arrière du bateau. La diversité taxonomique des autres échantillons ne semble dépendre

ni du type de support d'étanchéité (tissu ou non), ni de la position des échantillons dans le bateau (aux extrémités ou au centre, dans la zone de chargement). La diversité floristique de la poix d'Arles-Rhône 3 est un élément surprenant pour ce type de matériau qui est de fabrication artisanale et n'est pas connu pour être un bon piège à pollen. L'histoire compliquée de ces poix associée à celle de la barge, et les paysages variés et ouverts de l'époque romaine dans le sud-est de la France – des écosystèmes forestiers côtoyant des agrosystèmes rustiques à la flore très diversifiés (Triat-Laval 1978 ; Andrieu-Ponel *et al.* 2000a et b) – peuvent expliquer cette richesse.

ARLES 3, matériau d'étanchéité, épave romaine

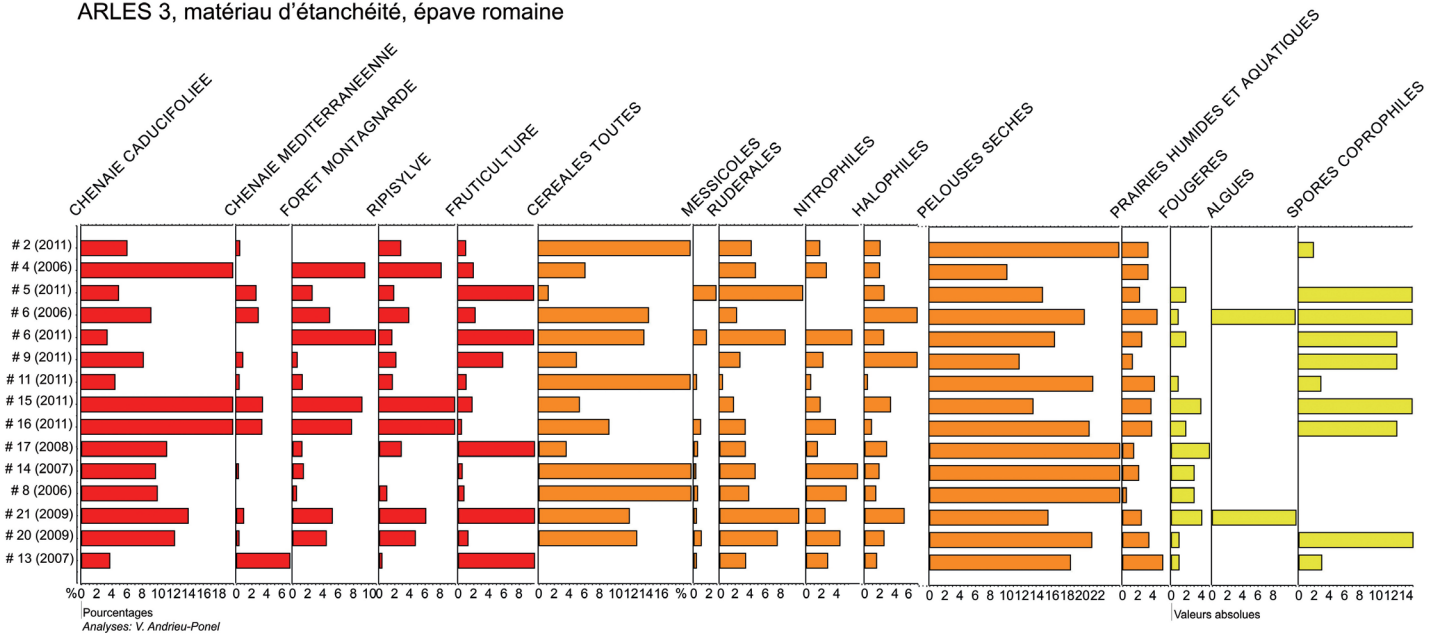


Fig. 131 : Diagramme pollinique synthétique de l'épave Arles-Rhône 3. Les valeurs sont représentées en pourcentages (calculés sur une somme pollinique de laquelle ont été exclus les cryptogames et les palynomorphes non polliniques) et en valeurs absolues (valeurs de comptage).

ARLES 3, matériau d'étanchéité, épave romaine

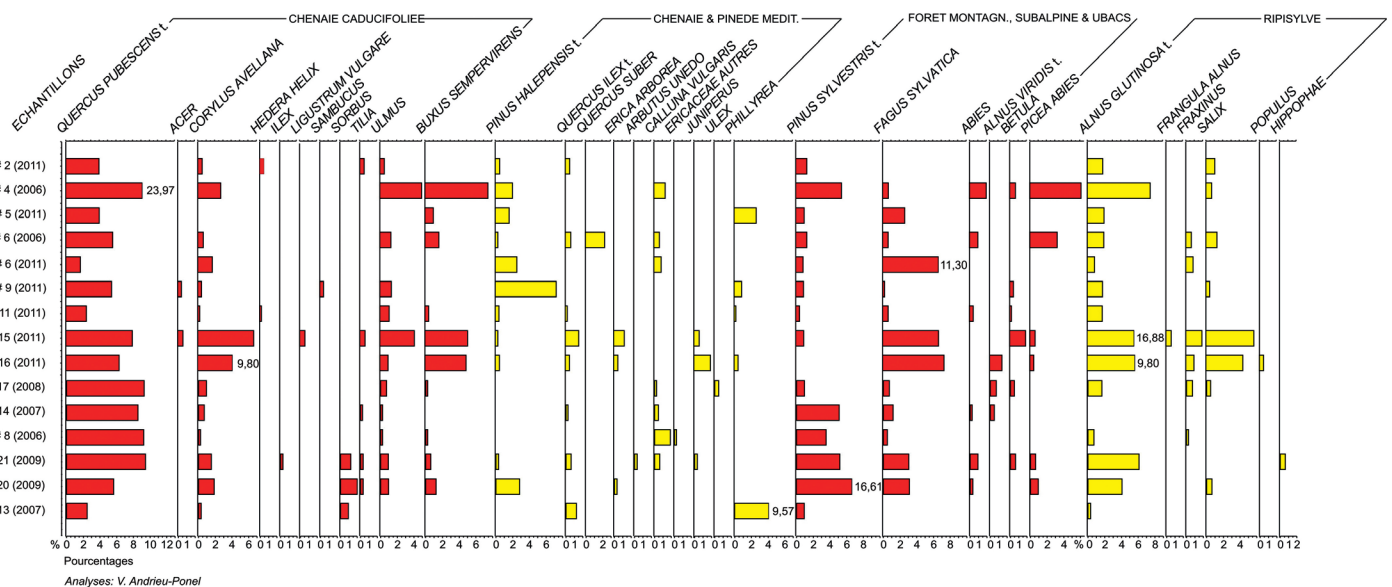
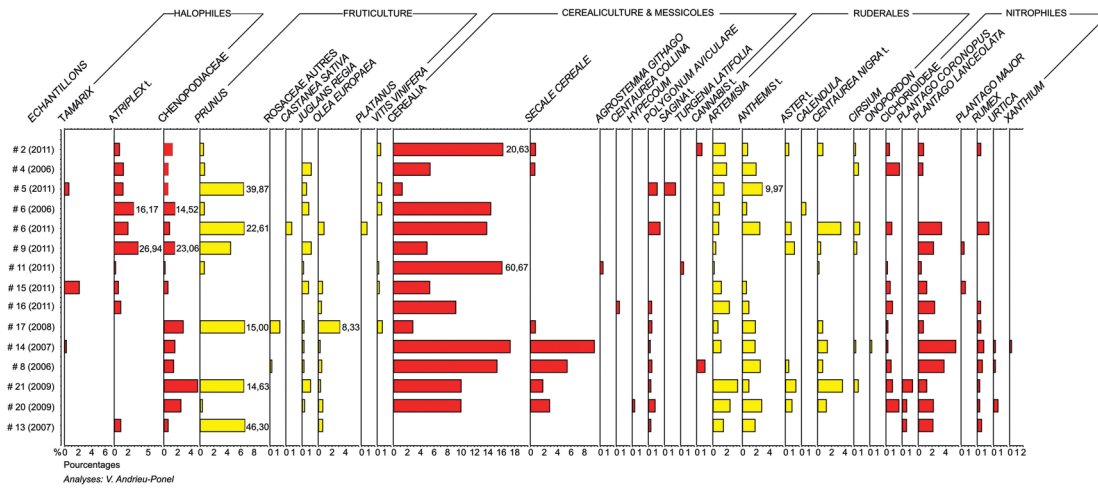


Fig. 132 : Diagramme pollinique de l'épave Arles-Rhône 3. Les valeurs sont représentées en pourcentages (calculés sur une somme pollinique de laquelle ont été exclus les cryptogames et les palynomorphes non polliniques) et en valeurs absolues (valeurs de comptage). Les pourcentages importants sont représentés par des chiffres. Abréviations : medit. : méditerranéenne ; montagn. : montagnarde ; t. : type pollinique (ce sont des types morphologiques).

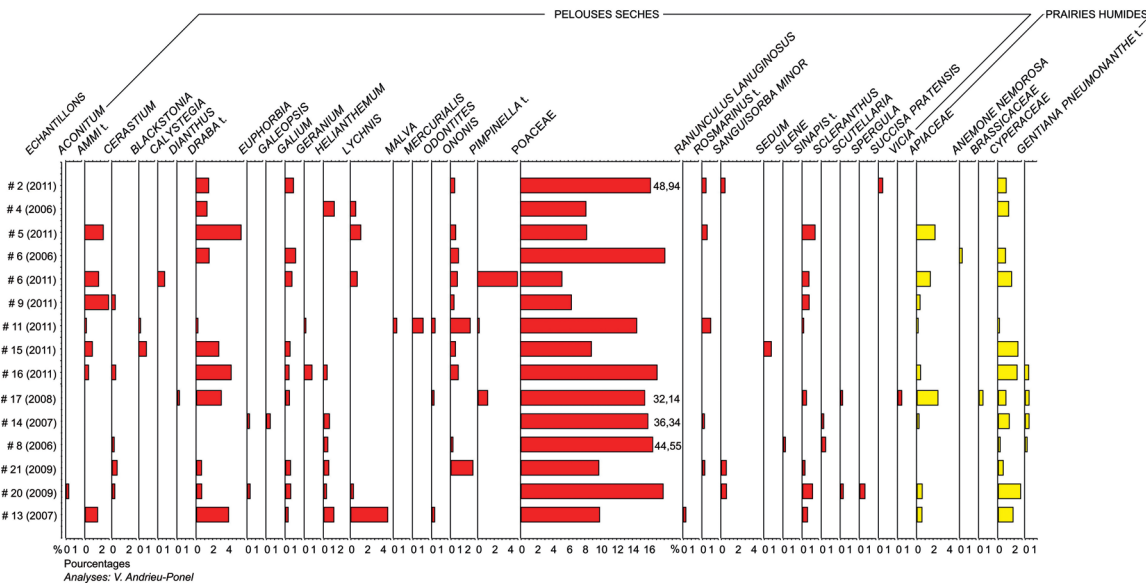
ARLES 3, matériau d'étanchéité, épave romaine

Fig. 133 : Diagramme pollinique de l'épave Arles-Rhône 3.



ARLES 3, matériau d'étanchéité, épave romaine

Fig. 134 : Diagramme pollinique de l'épave Arles-Rhône 3.



ARLES 3, matériau d'étanchéité, épave romaine

Fig. 135 : Diagramme pollinique de l'épave Arles-Rhône 3.

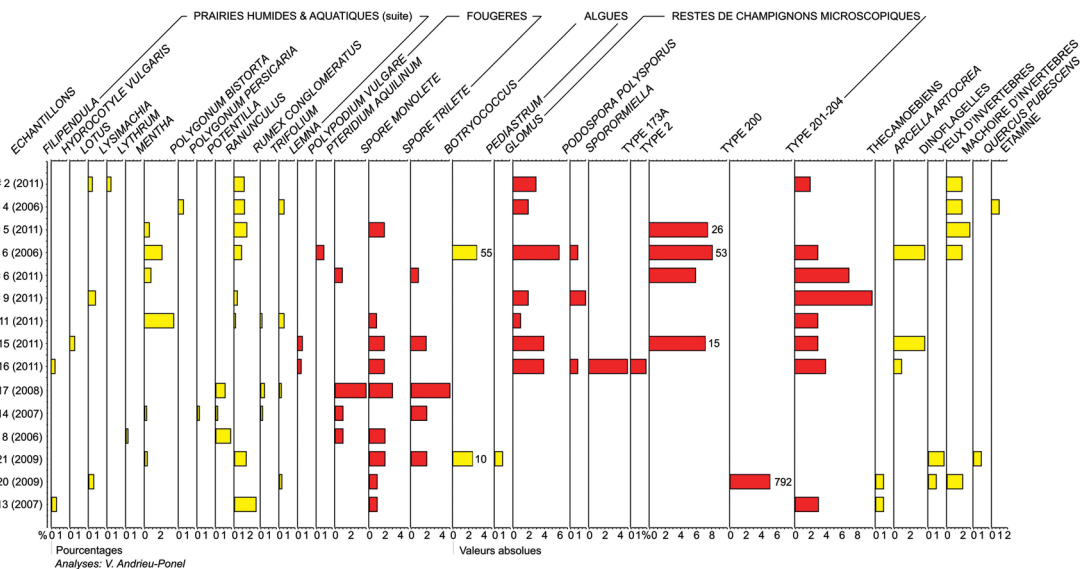
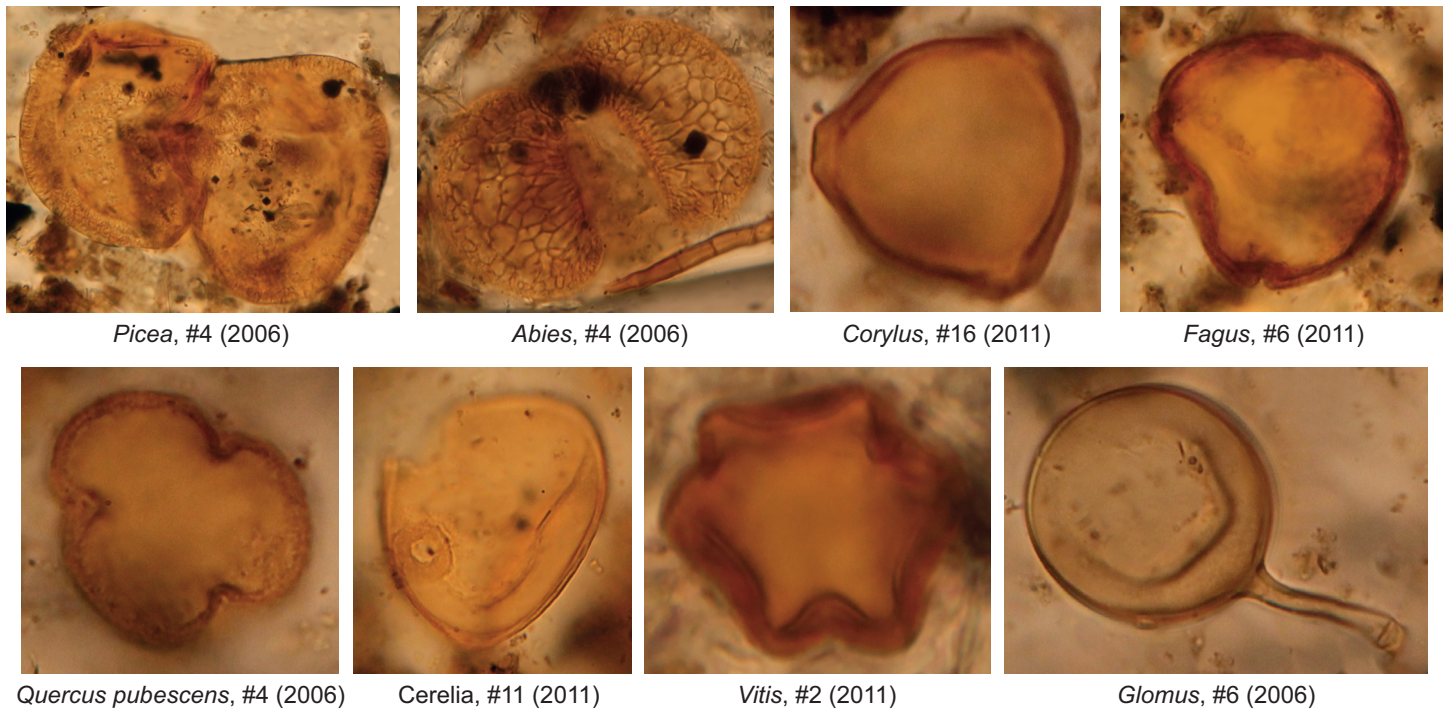


Fig. 136 : Correspondance des noms scientifiques et des noms vernaculaires des taxons polliniques et non polliniques identifiés sur Arles-Rhône 3.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nom vernaculaire
<i>Abies</i>	Sapin	<i>Lythrum</i>	Salicaire
<i>Acer</i>	Erable	<i>Malva</i>	Mauve
<i>Aconitum</i>	Aconit	<i>Mentha</i>	Menthe
<i>Agrostemma githago</i>	Nielle des blés	<i>Mercurialis</i>	Mercuriale
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux	<i>Odontites</i>	Odontites
<i>Alnus viridis</i>	Aulne Vert	<i>Olea</i>	Olivier
<i>Ammi</i>	Ammi	<i>Ononis</i>	Ononis
<i>Anemone nemorosa</i>	Anémone des bois	<i>Onopordon</i>	Onopordon
<i>Anthemis</i>	Anthémis	<i>Pediastrum</i>	Pediastrum
Apiaceae	Apiacées	<i>Phillyrea</i>	Filaire
<i>Arbutus unedo</i>	Arbousier	<i>Picea abies</i>	Épicéa
<i>Arcella artocrea</i>	Arcella artocrea	<i>Pimpinella</i>	Anis
<i>Artemisia</i>	Armoise	<i>Pinus halepensis t.</i>	Pin d'Alep
<i>Aster</i>	Aster	<i>Pinus sylvestris t.</i>	Pin sylvestre
<i>Atriplex</i>	Arroche	<i>Plantago coronopus</i>	Plantain corne de cerf
<i>Betula</i>	Bouleau	<i>Plantago lanceolata</i>	Plantain lancéolé
<i>Blackstonia</i>	Blackstonie	<i>Plantago major</i>	Grand plantain
<i>Botryococcus</i>	<i>Botryococcus</i>	<i>Platanus</i>	Platane
Brassicaceae	Brassicacées	Poaceae	Poacées, Graminées
<i>Buxus sempervirens</i>	Buis	<i>Podospora polysporus</i>	<i>Podospora polysporus</i>
<i>Calendula</i>	Souci	<i>Polygonum aviculare</i>	Renouée des oiseaux
<i>Calluna vulgaris</i>	Callune	<i>Polygonum bistorta</i>	Bistorte
<i>Calystegia</i>	Calystegia	<i>Polygonum persicaria</i>	Renouée persicaire
<i>Cannabis</i>	Chanvre	<i>Polypodium vulgare</i>	Polypode
<i>Castanea sativa</i>	Châtaignier	<i>Populus</i>	Peuplier
<i>Centaurea collina</i>	<i>Centaurea collina</i>	<i>Potentilla</i>	Potentille
<i>Centaurea nigra</i>	Centaurée noire	<i>Prunus</i>	Prunier, Prunellier
<i>Cerastium</i>	Céraiste	<i>Pteridium aquilinum</i>	Fougère aigle
Cerealia	Céréales	<i>Quercus pubescens</i>	Chêne pubescent
Chenopodiaceae	Chénopodiacées	<i>Quercus ilex</i>	Chêne vert
Cichorioideae	Cichorioidées	<i>Quercus suber</i>	Chêne liège
<i>Cirsium</i>	Cirse	<i>Ranunculus</i>	Renoncule
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier	<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Renoncule laineuse
Cyperaceae	Cyperacées	Rosaceae	Rosacées
<i>Dianthus</i>	Œillet	<i>Rosmarinus</i>	Romarin
<i>Draba</i>	Drave	<i>Rumex</i>	Oseille
<i>Erica arborea</i>	Bruyère arborescente	<i>Rumex conglomeratus</i>	Patience agglomérée
Ericaceae	Ericacées	<i>Sagina</i>	Sagine
<i>Euphorbia</i>	Euphorbe	<i>Salix</i>	Saule
<i>Fagus sylvatica</i>	Hêtre	<i>Sambucus</i>	Sureau
<i>Filipendula</i>	Spirée	<i>Sanguisorba minor</i>	Pimprenelle
<i>Frangula alnus</i>	Bourdaine	<i>Scleranthus</i>	Scléranthe
<i>Fraxinus</i>	Frêne	<i>Scutellaria</i>	Scutellaria
<i>Galeopsis</i>	Galéopsis	<i>Secale cereale</i>	Seigle
<i>Galium</i>	Gaillet	<i>Sedum</i>	Sedum
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	Gentiane	<i>Silene</i>	Silène
<i>Geranium</i>	Géranium	<i>Sinapis</i>	Moutarde
<i>Glomus</i>	Glomus	<i>Sorbus</i>	Sorbier
<i>Hedera helix</i>	Lierre	<i>Spergula</i>	Spergule
<i>Helianthemum</i>	Hélianthème	<i>Sporormiella</i>	<i>Sporormiella</i>
<i>Hippophae</i>	Argousier	<i>Succisa pratensis</i>	Mors-du-diable
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	Ecuelle-d'eau	<i>Tamarix</i>	Tamaris
<i>Hypecoum</i>	Cumin	<i>Tilia</i>	Tilleul
<i>Ilex</i>	Houx	<i>Trifolium</i>	Trèfle
<i>Juglans regia</i>	Noyer	<i>Turgenia latifolia</i>	Caucalis à larges feuilles
<i>Juniperus</i>	Genévrier	<i>Ulex</i>	Ajonc
<i>Lemna</i>	Lentille d'eau	<i>Ulmus</i>	Orme
<i>Ligustrum vulgare</i>	Troène	<i>Urtica</i>	Ortie
<i>Lotus</i>	Lotier	<i>Vicia</i>	Vesce
<i>Lychnis</i>	Lychnis	<i>Vitis vinifera</i>	Vigne
<i>Lysimachia</i>	Lysimaque	<i>Xanthium</i>	Lampourde



Les assemblages polliniques sont, en moyenne, plus riches en pollen d'herbacées (60.4 % de la Somme Pollinique -S.P.) qu'en pollen d'arbres (39.6 % de la S.P.) et, parmi les herbacées, les taxons témoignant directement ou indirectement d'activités agricoles (céréaliculture et pastoralisme) sont dominants. Les marqueurs directement liés à une activité agricole sont les pollens de céréales (fig. 137) dont l'espèce ne peut être identifiée et qui englobe toutes les Poaceae cultivées à l'époque en Europe occidentale dont le blé, sauf *Secale cereale* que des critères diagnostiques bien connus permettent d'identifier sans ambiguïté (fig. 133). Des Céréales ont été dénombrées dans tous les spectres polliniques parfois en grande quantité, jusqu'à plus de 60 % de la S.P. (#11 (2011)). La notation du pollen de *Cannabis* (le chanvre) dans deux échantillons (fig. 133) dont un provenant d'un amas de tissu enduit de poix (#8 (2006)) n'est pas incongrue et il est très vraisemblable que cette plante ait été couramment cultivée à proximité du lieu de production de la poix ou même du port antique d'Arles, pour la fabrication de cordages. Les marqueurs indirects sont ceux favorisés par certaines activités agricoles : c'est le cas des plantes messicoles (fig. 133) dont le développement est dépendant de la culture de céréales. Ce sont des marqueurs précieux de la céréaliculture car il arrive que cette activité soit muette dans les enregistrements polliniques pour des raisons physiologiques propres aux Poaceae cultivées. C'est le cas aussi du pollen des plantes rudérales (fig. 133) ou nitrophiles (fig. 133) qui sont respectivement les marqueurs de la présence de sols bouleversés par des troupeaux ou des populations humaines (piétinement et constructions), ou de la pratique de l'élevage (enrichissement des sols en azote par les *feces*). Au sein des nitrophiles, il y a les plantes qui le sont sans ambiguïté comme *Urtica* ou certains *Rumex* ; il y a aussi celles dont les préférences biologiques sont difficiles à cerner parce que le pollen n'a pas pu être identifié au niveau de l'espèce. C'est cas du pollen d'*Atriplex* t. ou de celui des Chenopodiaceae (fig. 133) qui rassemblent des taxons adaptés aux milieux salés (taxons halophiles) ou aux terres bouleversées par l'Homme (taxons rudéraux). Les spores de champignons coprophiles (*Podospora polysporus*, *Sporormiella*, Type 2 et 200 à 204), qui ont pour habitat les déjections des animaux, sont de remarquables indices de la présence de bétail à proximité du site étudié ou directement sur le chaland (cf. transport) (fig. 135). La notation de *Glomus* dans sept échantillons (fig. 135 et 137), un champignon mycorhizien arbusculaire qui vit dans la rhizosphère des sols, pourrait témoigner, soit de l'ajout de terre dans la préparation de la poix d'étanchéité car bien souvent les poix pouvaient être faites de composés divers, soit du transport involontaire de terre par les chaussures des bateliers ou par les pattes et le pelage des animaux domestiques qui auraient pu être transportés sur la barge.

Fig. 137 : Choix de pollens et de spores du chaland Arles-Rhône 3. L'échelle varie d'une photographie à l'autre.

Discussion

- De la poix fabriquée en régions méditerranéenne et médio-européenne

La notation de taxons méditerranéens (*Pinus halepensis* t., *Quercus ilex*, *Olea*, *Phillyrea*, des arbres du maquis dont *Quercus suber*, *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, ou des herbacées comme *Hypecoum*, *Turgenia latifolia*) dans tous les échantillons semble indiquer que la poix a été fabriquée en région méditerranéenne à deux endroits, à basse altitude (domination d'arbres de la chênaie) et à moyenne altitude (présence du hêtre), sauf les échantillons riches en pollen de *Picea* (#4, 2006 et #6, 2006), un arbre non méditerranéen, caractéristique de l'étage sub-alpin médio-européen et dont le pollen est dispersé localement. L'originalité de ces deux échantillons est également mentionnée par P. Burger qui pense que la poix pourrait avoir été posée lors d'une réparation ou d'une protection ultérieure de la barge et non au moment de sa construction (Burger, *supra*).

- Le témoignage d'un paysage peu foresté au sein duquel étaient pratiquées des activités agricoles diversifiées : céréaliculture, fructiculture, pastoralisme.

Les assemblages polliniques sont, sur ce point, sans ambiguïté, et témoignent tous de la pratique d'activités agricoles variées sur le lieu de fabrication de la poix et dans les ports fréquentés par la barge. Ils se caractérisent, en effet, par des taux élevés de pollen de plantes cultivées témoignant 1) de la pratique de la céréaliculture dont celle du seigle (*Secale*); 2) et de la culture d'arbres fruitiers dont le noyer (*Juglans*), l'olivier (*Olea*) et la vigne (*Vitis*) (fig. 137). La présence du noyer s'accorde remarquablement avec la datation (*infra*, p. 264) de la barge puisque la culture de cet arbre a été favorisée par les Romains en Méditerranée occidentale (Bottema 1980). Les données polliniques indiquent donc un paysage en mosaïque où devaient alterner 1) des terres laissées à la forêt (des boisements clairs de chênes caducifoliés ou sclérophylles, la pinède, la hêtraie, la sapinière, la pessière et la forêt riveraine à aulne et saule, fig. 132), 2) des champs cultivés en céréales et en arbres fruitiers (fig. 133), 3) des cultures laissées à l'abandon et colonisées par des herbacées messicoles (*Centaurea collina*, *Hypecoum*, *Polygonum aviculare*, *Sagina* t., *Agrostemma githago*, *Turgenia latifolia*) (fig. 133) dont certaines sont devenues rarissimes de nos jours comme *Agrostemma githago*, *Hypecoum* et *Turgenia latifolia* du fait de l'usage d'herbicides, 4) et des terres dévolues aux troupeaux et colonisées par des plantes rudérales (*Artemisia*, *Anthemis* t., *Aster* t., *Calendula*, *Centaurea nigra* t., *Cirsium*, *Onopordon*), et nitrophiles (les Cichorioideae, *Plantago coronopus*, *P. lanceolata*, *P. major*, *Rumex*, *Urtica*, *Xanthium*) (fig. 133). L'interprétation des taux importants de *Prunus* dans certains échantillons (jusqu'à 46,3 % de la S.P. dans #13, 2007, fig. 133) n'est pas simple. Il pourrait s'agir, soit d'espèces de *Prunus* sauvages qui auraient pu être cultivées, soit, plus vraisemblablement, du prunellier (*P. spinosa*) qui, comme de nos jours dans les campagnes, pouvait avoir été planté le long de haies pour délimiter un territoire ou pour parquer des troupeaux, définissant ainsi un paysage de bocage.

- La présence de troupeaux d'animaux domestiques révélée par des spores de champignons coprophiles

Des taux élevés de spores de champignons coprophiles ont été trouvés dans plusieurs échantillons (fig. 131 et 135). Parmi ces spores, on note la présence de *Podospora polysporus*, *Sporormiella*, et les Types 2, 200, 201, 202, 203 et 204 (Van Geel 1978; Cugny *et al.* 2010) (fig. 135). Ces spores témoignent de la présence de troupeaux. La contamination en spores de champignons des échantillons a pu se faire, soit sur le lieu de fabrication de la poix, soit à l'occasion de la réparation du chaland, soit directement par des herbivores qui auraient pu être transportés dans le bateau, soit par les charpentiers ou les bateliers qui travaillaient sur la barge et qui auraient pu contaminer en spores coprophiles, avec leurs chaussures ou leurs vêtements, les tissus enduits de poix débordant sur l'intérieur de la coque. Car, à l'époque romaine et jusqu'à des temps très récents d'ailleurs (le xx^e s. de notre ère), le bétail vivait au contact direct des populations humaines. Les études carpologiques menées sur le dépotoir portuaire du site d'Arles-Rhône 3 (Tillier 2013) apportent la preuve de la présence d'animaux domestiques (des ovins et des caprins) sur les berges du Rhône. La découverte de nombreuses bergeries romaines dans la plaine caillouteuse de La Crau d'Arles (Badan *et al.* 1995) et le développement présumé du pastoralisme en Camargue (Landuré, Pasqualini 2008, p. 238) appuient cette interprétation et souligne l'importance économique de l'élevage de brebis et de chèvres, et possiblement de moutons, au temps de Rome, en Provence. Il est donc vraisemblable que les spores de champignons coprophiles proviennent, au moins en partie, des déjections d'animaux domestiques qui fréquentaient le port fluvial d'Arles à l'époque romaine. L'hypothèse du transport de bétail par la barge à l'occasion de ses déplacements le long du Rhône est une hypothèse intéressante à retenir, mais nous ne disposons pour le moment d'aucune preuve solide pour étayer cette activité commerciale à relier, d'ailleurs, avec la pratique

de la transhumance dont l'existence, en Provence, à l'époque romaine, reste toujours à démontrer alors qu'elle existait dans le sud de l'Italie (Badan *et al.* 1995).

- Une relation entre la composition taxonomique des assemblages polliniques et la composition moléculaire de la poix ?

La poix d'*Arles-Rhône 3* provient du chauffage de la résine de résineux comme le montrent les mesures moléculaires (*supra*, p. 126). On sait, par ailleurs, que le pin est l'essence la plus fréquemment utilisée pour l'exploitation de la résine pendant l'Antiquité (Trintignac 2003 ; Amigues 1980), le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) d'abord, plus ou moins abondant à cette époque en région méditerranéenne française (Triat-Laval 1978 ; Andrieu-Ponel *et al.* 2000a et b) et très probablement disponible à basse altitude, à proximité des grands centres économiques (F. Guibal, comm. pers.) comme c'est le cas de nos jours, et le pin sylvestre (*P. sylvestris*), grand producteur de sève, très répandu à l'étage montagnard et subalpin, mais plus rare à basse altitude (Molinier 1981). Comme les taux de pollen de pin (*Pinus halepensis* t. et *P. sylvestris* t.) sont plutôt faibles (de 7,31 à 16,61 %) pour un arbre qui est un fort producteur de pollen, il est possible que la résine utilisée pour la fabrication de la poix n'ait pas séjourné longtemps dans la forêt de résineux exploitée, à moins que celle-ci provienne simplement du chauffage de morceaux de bois de résineux comme le suggère Pauline Burger pour certains échantillons.

Conclusion

L'analyse pollinique des quinze échantillons de poix d'étanchéité de la barge *Arles-Rhône 3* a permis de montrer qu'une série de poix a été fabriquée en région méditerranéenne dans des régions de basse et de moyenne altitude (poix liées à la construction), et une autre en région médio-européenne (poix de protection, en rapport avec la zone de vie) favorable aux boisements d'épicéas. Ces poix témoignent très clairement de la pratique d'activités agricoles variées sur le lieu de fabrication de la poix et dans les zones fréquentées par la barge. Elles nous éclairent, aussi, sur l'existence d'un paysage en mosaïque très diversifié comme le sont de nos jours les paysages agricoles rustiques des régions méditerranéennes. Au sein de ces paysages, pouvaient coexister des espaces dédiés à la forêt et des espaces mis en valeur pour les besoins de la démographie croissante des grands centres urbains, avec la culture de céréales, d'arbres fruitiers et l'élevage d'animaux domestiques. Au vu de ces seules analyses, on ne peut cependant pas affirmer que le chaland *Arles-Rhône 3* ait pu servir, à l'occasion, au transport du bétail. La seule certitude que l'on ait, à travers la notation de spores de champignons coprophiles, est que des troupeaux ont pu fréquenter les lieux de fabrication de la poix ou vivre le long des berges du Rhône, là où la barge était amarrée.

LES CLOUS, ÉLÉMENTS D'ASSEMBLAGE DE L'ENSEMBLE DES STRUCTURES DU CHALAND³⁹

Les clous employés

Sabrina MARLIER

Comme c'est le cas sur les autres chalands gallo-romains, les clous employés pour la construction du chaland sont en fer forgé. Ils présentent une tige de section carrée avec une extrémité pointue et une tête circulaire, plate à très convexe (fig. 138)⁴⁰. Les enregistrements effectués sur un tiers de l'ensemble des clous de liaison du chaland mettent en évidence le fait que deux modules de clous ont été employés⁴¹.

Un petit module avec une longueur moyenne⁴² d'environ 16 cm, un diamètre moyen de la tête compris entre 23 et 26 mm et une section moyenne de la tige⁴³ de 8-9 mm, pour un poids inférieur à 40 g (de l'ordre de 25-35 g)⁴⁴ (fig. 139). Ces clous ont été employés exclusivement pour :

- l'assemblage des varangues (il s'agit des paires de clous enfoncés au niveau de chaque ressaut des extrémités des varangues) et des courbes avec les bouchains ;
- l'assemblage des varangues à la sole en ce qui concerne les clous enfoncés depuis l'extérieur ;
- l'assemblage des tasseaux avec les bouchains.

Un plus grand module avec des longueurs moyennes tournant aux alentours de 20 cm, un diamètre moyen de la tête compris entre 27 et 29 mm et une section de tige similaire aux clous de petits modules, de l'ordre de 8-9 mm en moyenne, pour un poids supérieur à 40 g (de l'ordre de 40-65 g)⁴⁵ (fig. 139 et 140). Ces clous ont été employés pour le reste des assemblages, soit pour :

39. Ce chapitre a bénéficié d'une relecture attentive de la part de G. Pagès, archéométallurgiste (ArScAn/CNRS), que nous remercions bien chaleureusement.

40. Le même type de clou, du point de vue de la morphologie, a été utilisé pour les assemblages des chalands de Lyon St-Georges (Guyon 2010).

41. Les clous dont il est question ici concernent uniquement les clous d'assemblage des structures du chaland. D'autres clous ont été trouvés sur le chaland, au sommet du mât et en certains endroits de la coque ; ils sont traités dans ce même chapitre 5.

42. Ép. de la tête non comprise.

43. Section mesurée sous la tête.

44. Enregistrement réalisé sur huit clous.

45. Enregistrement réalisé sur dix-sept clous.